[illegible] પદાર્થવિજ્ઞાન.

ડાહ્યાભાઇ પીતાંબરદાસ દેરાસરી.

સરળ પદાર્થવિજ્ઞાન.

ડાહ્યાભાઈ પીતાંબરદાસ દેરાસરી.
ઠે. ઘાંચીની પોળ, ખાડીઆ—અમદાવાદ.

પ્રસિદ્ધ કર્ત્તા.
જાલમભાઇ ડાહ્યાભાઈ દેરાસરી.
ઠે. ઘાંચીની પોળ, ખાડીઆ—અમદાવાદ.

આવૃત્તિ ૨ જી. પ્રત ૧૦૦૦

ઇ. સ. ૧૯૨૫.

કિંમત ૦—૧૨—૦

પ્રજાબંધુ પ્રિન્ટીંગ વર્કર્સમાં સી. એમ. મોદીએ છાપ્યું.
ઠે. જેઠાભાઈની પોળ, ખાડીઆ—અમદાવાદ.

પ્રસ્તાવના.

ઘણાં વરસો પૂર્વે વિજ્ઞાનનાં નાનાં પુસ્તકો લખવાનો યોગ પ્રાપ્ત થયો હતો. પદાર્થવિજ્ઞાનમાં શું શું શિખવાનું અને જાણવાનું છે, અને એનો અભ્યાસ કેવો આનંદદાયી છે, એ મારા પોતાના શિષ્યોના ખ્યાલમાં આવે, એમના પર અભ્યાસનો બોજો ઓછો પડે અને એમને વધારે જ્ઞાન સંપાદન કરવાની તીવ્ર જીજ્ઞાસા ઉત્પન્ન થાય એ જ લોભે મારાથી બને એટલી સરળ ભાષામાં આ પુસ્તક લખાયું હતું.

માતૃભાષા દ્વારા શિક્ષણ આપવાના લાભાલાભનો ઊહાપોહ કરવાનો હવે અવકાશ જ રહ્યો નથી. મૂળે મારા પોતાના શિષ્યોને સારૂ લખાયલા આ નાના પુસ્તકનો લાભ ઈંગ્રેજી કોલેજમાં અભ્યાસ કરતા ઘણા વિદ્યાર્થીઓએ પણ લીધો છે. વરસોનાં વરસોથી એની પ્રથમ આવૃત્તિની બધી પ્રતો ખપી ગઈ હતી અને એની માગણી થયા કરતી હતી. આમ હોવાથી ગુ. વ. સોસાઈટીની વિનતિ કરતાં તેમણે આ બીજી આવૃત્તિ કાઢવાની રજા આપવાની કૃપા કરી તે બદલ તેમનો આભાર.

આ પુસ્તકમાં પદાર્થવિજ્ઞાનને અંગે સમાયલું ગણિત અને બીજી અઘરી બાબતોને ગાળી કાઢી છે. વિષયની જુદી જ રચના કરવાનો વિચાર પણ સમયને અભાવે માંડી વાળવો પડ્યો છે; અને આ પુસ્તક જરૂરી ફેરફાર અને વધારા ઘટાડા સાથે લગભગ મૂળ રૂપે જ બહાર પડે છે.

ઉપનિષદ્‌ના મન્ત્રમાં માગ્યા પ્રમાણે **तेजस्विनावधीतमस्तु** થાય, તો મને અતુલ આનન્દ.

અમદાવાદ,
ધોબીની પોળ–ખાડીયા,
૯ જૂન ૧૯૨૫.

ડાહ્યાભાઈ પીતાંબરદાસ દેરાસરી.

અનુક્રમણિકા.

સરળ પદાર્થ વિજ્ઞાન.

વિજ્ઞાનઃ—છોકરાઓ, તમે નિશાળમાં ઇતિહાસ, ભૂગોળ, વાચન, ગણિત ઇત્યાદિ વિષયો રોજ રોજ શિખો છો. પરંતુ આપણી આજુબાજુ જે કુદરતી પદાર્થો છે તે વિષે તમે કાંઇએ જાણો છો? એ પદાર્થો શેના થયા છે, તેમના ધર્મ શા છે, તેમનામાં ફેરફાર શા થાય છે, તેના નિયમો શા જણાય છે, વગેરે તમને ખબર છે?

ગઈ રાત્રે આકાશ કેવું સ્વચ્છ અને વાદળાં વગરનું હતું? પવનની ઠંડી લ્હેરો કેવી મંદમંદ આવતી હતી? ચન્દ્ર કેવો રૂપાના પતરા જેવો ચળકતો હતો? અને ચાંદનીને લીધે બધું જગત કેવું જાણે રૂપાના ચળકતા પાણીમાં નહાયું હોય નહિ એવું દેખાતું હતું? પરન્તુ આજે જ જુઓ! તે જ સ્વચ્છ આકાશ કેવું વાદળાંથી છવાઇ ગયું છે? ચન્દ્ર કેવો સંતાઈ ગયો છે? ચોતરફ તડકામાં આરસી ચળકે એમ વિજળી કેવી ચમકી રહી છે? પવનના સુસવાટા તો સાંભળો! વાદળમાં ગર્જનાનો અવાજ કેવો સંભળાય છે? અહા, જુઓ આ મોટાં મોટાં ફોરાં પડવા માંડયાં! અરે, આ તો વરસાદ તૂટી પડયો! જેમ કોઈ માણસ આનંદમાં બેઠું હોય, અને પછી એકદમ ગુસ્સે થઇ જાય, એમ કુદરતનો પણ મિજાજ ફરી ગયો જણાય છે! એકદમ આમ ફેરફાર કેમ થઇ ગયો તે તમે જાણો છો? આ બાબતોનું જ્ઞાન વિજ્ઞાનમાં હોય છે.

વારૂ એ તો ઠીક, પણ જુઓ, મારી પાસે આ એક સોપારી છે, તે હું તમારી અગાડી જમીન પર મૂકીને તે સોપારી પર એક પથરો મૂકું છું. સોપારીને કાંઇ અસર થાય છે? સોપારી એવી ને એવી છે. હવે જુઓ, એનો એ જ પથરો ચાર પાંચ હાથ ઉંચો કરીને સોપારી પર પડવા દઉં છું. અરે, એણે તો સોપારીને ભાગી નાંખી! એમ કેમ થયું વારૂ? ઉંચેથી નીચે નાંખ્યો તેથી કાંઈ પથરાના વજનમાં મેં ફેરફાર તો કર્યો નથી. તે છતાં નીચેની સોપારીના ટુકડે ટુકડા થઇ ગયા!

હવે આ દીવાસળીની પેટીમાંથી એક દીવાસળી લઇને પાસે પડેલા

મારા રૂમાલ પર નાખું છું. સળી રૂમાલ પર પડી રહી છે. હવે એ જ સળીને આ પેટીની બાજુ પર કાળો અને ખડબચડો ભાગ છે તેના પર ઘસું છું. અરે, જુઓ એ તો સળગી ગઇ ! હવે તમારી ટોપી અગર રૂમાલ ઉપર નાંખું તો? એ કાળી જગા પર ઘસવાથી સળી કેમ સળગી ગઈ વારુ ?

આજે એવા કુદરતી પદાર્થ સંબંધે તમને કાંઇ કાંઇ કહેવાની મને ઇચ્છા થઈ છે. જે વિજ્ઞાનને પદાર્થવિજ્ઞાન કહે છે તેની વાત આજે કરીશું.

પદાર્થવિજ્ઞાનઃ—જૂના કાળમાં પદાર્થવિજ્ઞાનમાં ઘણી ઘણી વિદ્યાઓનો સમાસ કરવામાં આવતો. યન્ત્રશાસ્ત્ર, ખગોળવિદ્યા, રસાયન શાસ્ત્ર, વનસ્પતિશાસ્ત્ર, પ્રાણિશાસ્ત્ર, વૈદ્યકશાસ્ત્ર અરે જ્યોતિષના ફળાદેશનો પણ પદાર્થવિજ્ઞાનમાં સમાવેશ કરવામાં આવતો. પણ હાલ **પદાર્થવિજ્ઞાન**નો એવો વિસ્તૃત અર્થ થતો નથી. ઉપર ગણાવેલાં શાસ્ત્રો ખુદ જુદાં જુદાં વિજ્ઞાન ગણાય છે. આથી **પદાર્થવિજ્ઞાન**નો દેશ સંકુચિત થયો છે. જ્યારે કોઈ પદાર્થમાં તે જે જે ઘટકાવયવનો બન્યો હોય તેમાં ફેરફાર થાય છે ત્યારે એ રસાયનિક ફેરફાર કહેવાય છે; અને એ રસાયન શાસ્ત્રનો વિષય છે. જ્યારે લાકડું બળે છે ત્યારે એના ઘટકાવયવો છૂટા થઇ જાય છે, એટલે કે રસાયનિક સંયોગથી જે જે પદાર્થનું તે બન્યું છે તેનું પૃથક્કરણ થઇ એનો એક ઘટકાવયવ વાત રૂપે વાતાવરણમાં મળી જાય છે. કેટલાક રાખોડી અને કોયલા રૂપે પાછળ રહે છે. આ ફેરફાર તે રસાયનિક ફેરફાર હોઇ રસાયનશાસ્ત્રનો વિષય છે.

પણ પાણી ટાઢું થતાં થતાં તેનો બરફ બની જાય છે. ગરમી લગાડતાં લગાડતાં બરફ પીગળી તેનું પાણી અને પછી વરાળ એમ બને છે. ત્રણે રૂપમાં પાણીના ઘટકાવયવોમાં અને ધર્મમાં કશો ફેરફાર થતો નથી.

વળી કાચ જેવો બરડ પદાર્થ પડીને ભાગી જાય છે. આવા દરેક કડકાના ઘટકાવયવમાં કશો ફેરફાર થતો નથી. આવા ફેરફારો તે રસાયનિક ફેરફાર ન હોવાથી પદાર્થવિજ્ઞાનમાં જ આવી જાય છે. ભૌતિક પદાર્થમાં રસાયનિક ફેરફારથી ઇતર ફેરફાર થાય એ જ પદાર્થવિજ્ઞાનના દેશમાં આવી જાય છે.

દરેક શાસ્ત્રમાં અમુક શબ્દો અમુક લાક્ષણિક અર્થમાં જ વપરાય છે. આવા શબ્દો તે શાસ્ત્રના–વિદ્યાના–વિજ્ઞાનના પારિભાષિક શબ્દો કહેવાય છે. આ વિજ્ઞાનના પારિભાષિક શબ્દોની વાત કરતાં પ્રથમ **પદાર્થ** એ શબ્દથી જ આરંભ કરીશું. માણસને આંખ, જીભ, નાક, કાન અને ચામડી એ પાંચ જ્ઞાનેંદ્રિયો છે. આ પાંચમાંથી કોઈ પણ એક અગર વધારે ઇંદ્રિવડે આપણને જેના અસ્તિત્વનું–હોવાપણાનું જ્ઞાન થાય છે તેને આ વિજ્ઞાનમાં **પદાર્થ** કહેવામાં આવે છે.

પદાર્થ અને પ્રકૃતિ:—તમારા સામુ આ મારૂં લાકડાનું ટેબલ છે. ટેબલ એ પદાર્થ છે અને જેનું ટેબલ બન્યું છે તેને તેની પ્રકૃતિ એમ કહીશું. એટલે ટેબલ પદાર્થ અને લાકડું એ પ્રકૃતિ. તમારૂં અંગરખું એ પદાર્થ અને રૂ એ એની પ્રકૃતિ. જુઓ વનમાળીના હાથમાં વીંટી છે. વીંટી એ પદાર્થ અને સોનું એ એની પ્રકૃતિ. પદાર્થ અને પ્રકૃતિ એ શબ્દોનો અર્થ તો તમે સમજ્યા.

પદાર્થના ધર્મ:—કોઈ પણ પદાથને મનમાં લગીર સંભારીએ કે જોડે જોડે એના કેટલાક ગુણ પણ યાદ આવે છે. પદાર્થ માત્રમાં આ ગુણ–ધર્મ–હોવા જ જોઇએ.

પરિમેયતા–વિસ્તાર–આકાર:—પદાર્થનું સ્મરણ થતાં જ આપણા મનમાં તેની લંબાઇ, પહોળાઇ અને જાડાઇનું ભાન થાય છે. પદાર્થને સીમા–હદ્દ હોય છે અને એથી એને આકાર હોય છે. આમ હોવાથી પદાર્થને પરિમેયતા, વિસ્તાર અને આકાર છે એમ કહેવાય છે.

નિર્ભેદ્યતા:—આકાર હોવાથી પદાર્થ અવકાશમાં કાંઇ પણ જગા રોકે છે. વળી જ્યાં સુધી પદાર્થ એ જગામાં હોય ત્યાં સુધી એટલા ભાગમાં બીજો પદાર્થ રહી શકે જ નહિ. દાખલા તરીકે જેટલી જગામાં તમે જાતે બેઠા છો તેટલા ભાગમાં તમે છતાં બીજો કોઇ બેસી શકે જ નહિ. પદાર્થના આ ધર્મને નિર્ભેદ્યતા કહે છે.

જુઓ, પાણી ભરેલા આ તપેલામાં આ ખાલી શીશી બોળું છું. ખાલી શીશી ખરૂં જોતાં ખાલી નથી. એમાં હવા ભરેલી છે.

એ હવા નીકળી ન જાય માટે હું શીશીનું મેાં ઉંધું રાખું છું. જુઓ, છેક તળીઆ સુધી લઇ જાઉં છું છતાં શીશીમાં પાણી આવતું નથી. પણ શીશીમાં પાણી સહજ ઉંચું ચઢે છે. શીશી બેાળતાં થએલા દબાણને લીધે શીશીમાંની હવા સંકેાચાવાથી પાણી એટલું એ ઉંચે ચઢે છે. પાણીમાં બેાળ્યા પહેલાં મેં એક જીવતી કીડી શીશીમાં રાખી છે તે જુએા કેવી આનંદથી આમતેમ ફરે છે? શીશીમાં હવા છે એટલે આ કીડી બહાર હવામાં ચાલતી તેમ જ એમાં એ ફર્યા કરે છે. હવે જુઓ શીશીમાંથી કીડી કાઢી લઇ એનું મેાં ચત્તું રાખી એ શીશી હું ફરી પાણીમાં બેાળું છું. આ તેા પાણી તરત અંદર ગયું! જાય જ તેા! હવા જતી રહી એટલે પાણીથી અંદર જવાયું. પદાર્થના આ ધર્મને નિર્બંધતા કહે છે.

વિભાજ્યત્વ:—વિજ્ઞાન કહે છે કે દરેક પદાર્થ ઝીણા ઝીણા રજકણેાનેા બનેલેા હેાય છે. આથી પદાર્થના નાના નાના ભાગ કરાય છે. કેટલા નાના તેનેા ખ્યાલ પણ આવતેા નથી.

મારી પાસે થેાડું દુધ છે. હું એને આ પાણીથી ભરેલા તપેલામાં રેડી દઉં છું. આટલા થેાડા દુધે તપેલાના બધા પાણીને સફેદ કરી દીધું. દુધનાં રજકણેા આમ બધે પસરવાને માટે કેટલાં ઝીણાં બની ગયાં હશે?

અથવા બીજો દાખલેા લ્યેા. આ અત્તરની શીશી હું ઉઘાડું છું. એટલામાં તેા તમને એની સુગંધ આવી. આ શીશીને હું આમ ઘણા દિવસ ઉઘાડી રાખું અને એની સુગંધી રેાજ ફેલાયાં કરે; પછી કેટલેક દિવસે એ શીશીને જોખું તેા એના વજનમાં કશેા તફાવત થએલેા જણાશે નહિ. કહેા કે અત્તરનાં જે રજકણેા તમારા નાકને અડીને સુગંધી આપતાં તે કેટલાં ઝીણાં હશે?

આમ પદાર્થ માત્રના ભાગ કરાય છે તેથી પદાર્થમાં વિભાજ્યત્વનેા ધર્મ છે એમ કહેવાય છે.

પરમાણુ-અણુ:—પ્રથમ કહી ગયા કે પદાર્થ ઝીણાં ઝીણાં રજકણેાનેા

બનેલો છે, અને એ રજકણો કેટલાં ઝીણાં હશે તેનો ખ્યાલ પણ આવી શકવો મુશ્કિલ છે; છતાં પણ વિજ્ઞાનમાં એમ કલ્પ્યું છે કે નાના નાના ભાગ કરતાં કરતાં એવડા નાના થાય કે પછી એના ભાગ થઇ શકે નહિ. આમ જેના ભાગ થઈ શકે નહિ એવા—*અવિભાજ્ય રજકણને પરમાણુ કહે છે. જ્યારે બે અથવા વધારે પરમાણુ એકઠાં જોડાયેલાં હોય છે ત્યારે એને અણુ કહે છે. પદાર્થ માત્રની ઘટનામાં આ પરમાણુઓ એકબીજાની જોડે–લગોલગ–રહે છે. દરેક પદાર્થનાં રજકણો પોત–પોતામાં સરખે અંતરે જ રહે છે એમ નથી. પણ પદાર્થ માત્રમાં પરમાણુઓ પાસે પાસે હોવાથી બે પરમાણુ વચ્ચે સહજ પણ અવકાશ રહે છે.+

છિદ્રત્વ :—પદાર્થનાં પરમાણુઓ વચ્ચે અવકાશ હોવાથી પદાર્થ માત્રમાં છિદ્રત્વનો ધર્મ આવશ્યક ગણાય છે.

દાખલા તરીકે સંચાની નળીઓમાંથી દબાણને લઇને તેલ બહારની બાજુ ફુટી નીકળે છે. છિદ્રત્વ સમજાવવા "પારાનો વરસાદ" નામનો સુંદર પ્રયોગ કરાય છે. વાયુશોષક યન્ત્ર ઉપર કાચની પહોળી, મોટી અને બે છેડે ઉઘાડી નળી જેવું વાસણ ચોઢડાય છે. એની ઉપરની બાજુએ એક ઢાંકણું મીણથી હવા ન જાય એમ ચોઢડાય છે. એ ઢાંકણામાં એક લાકડાનો પ્યાલો કર્યો હોય છે તેમાં પારો ભરવામાં આવે છે. પછી નળીમાંથી વાયુશોષકયન્ત્ર વડે હવા કાઢી નાંખવામાં આવે છે. જેમ જેમ નળીમાં × નિર્વાત પ્રદેશ થાય તેમ તેમ અંદરથી વાતાવરણનું દબાણ જતું રહેવાથી પારાની ઉપર વાતાવરણના દબાણને લીધે પારો લાકડામાં થઇને

---

* અત્યારસુધી અવિભાજ્ય મનાયલાં પરમાણુ છેલ્લી શોધ પ્રમાણે બે જુદા જુદા ભાગનાં બન્યાં છે એમ જણાયું છે. એ ભાગોને **ઈઓન** અને **ઇલેક્ટ્રોન** કહે છે. એના પણ ભાગ નવી શોધ મૂજબ જણાયા છે.

+ આ અવકાશમાં તેમજ બધા બ્રહ્માંડમાં ઈલાસ્ટિક ઇથર નામનો પદાર્થ હોય છે એમ માન્યું છે. આ ઇલાસ્ટિક ઇથર ખાલી જગામાં જ નહિ પણ બીજે પદાર્થ હોય ત્યાં પણ—સર્વત્ર હોય છે. પદાર્થના ધર્મ ન હોવાથી ઈલાસ્ટિક ઈથર પદાર્થ ગણાતો નથી.

× તદ્દન નિર્વાત–ખાલી કોઈ પણ સ્થળ નથી. જ્યાં કાંઈ નહિ ત્યાં પણ ઇલાસ્ટિક ઈથર તો હોય છે.

નળીમાં વરસાદની પેઠે પડે છે. આથી લાકડામાં છિદ્રત્વનો ધર્મ છે એ સાબિત થાય છે.

ઇટાલીના ફ્લોરેન્સ શહેરમાં પ્રયોગશાસ્ત્રીએ પાણી ઉપર દબાણ કરવાથી એ સંકોચાય છે કે નહિ તે જોવાને એક રમુજી પ્રયોગ કર્યો હતો. એણે ઘટ્ટ સોનાનો એક ગોળો બનાવીને તેમાં છલાછલ પાણી ભર્યું અને ગોળો રેવીને બંધ કર્યો. આ ગોળાને ચોતરફથી દબાણ આપ્યું. દબાણને લીધે સોનાના ગોળામાંથી પાણી તસીઆ ફુટીને બહાર આવ્યું. એક વાત ખોળતાં આ પ્રયોગથી બીજી જ વાત સાબિત થઈ. સોના જેવી ઘટ્ટ ધાતુ પણ છિદ્રત્વવાળી જણાઈ!

સ્થિતિસ્થાપકત્વ:—પોલાદની ચીપ અગર નેતરની સોટી બન્ને છેડેથી પકડી વાંકી વાળી પછી છોડી દઇએ તો તે પાછું પોતાનું મૂળરૂપ ધારણ કરે છે. આ મૂળરૂપ ધારણ કરવાના ધર્મને સ્થિતિસ્થાપકત્વ કહે છે. દરેક પદાર્થમાં આ ગુણ ઓછોવત્તો હોય છે. આ ગુણ અમુક પ્રમાણમાં જ હોવાથી એના પ્રમાણની હદ આવી રહે, અને વધારે વાળીએ તો પદાર્થ ભાગી જાય છે.

સારી રીતે લીસા કરેલા કાળા આરસના ગોળ ટેબલ ઉપર તેલ ચોપડીને પછી તેના ઉપર કાચ, હાથીદાંત અગર બીજા પદાર્થની ગોળ લખોટીઓ ઉંચેથી પડવા દઇએ તો જે જગાએ એ ટેબલ ઉપર પડે તે જગાનું તેલ ખસી જઇને ત્યાં ગોળ ચકરડાં જણાય છે. જેમ વધારે ઉંચાઇએથી પડવા દઇએ તેમ ચકરડાં મોટાં દેખાય છે. લખોટીઓનો આકાર એવો જ રહે છે. લખોટીઓનું સ્થિતિસ્થાપકત્વ આ પ્રયોગથી બતાવી શકાય છે.

નિશ્ચલતા:—પદાર્થના આ ધર્મને લઇને પદાર્થ ગતિમાન હોય તો તેને અટકાવ કર્યા સિવાય તે હમેશ ગતિમાન જ રહે. તેમજ સ્થિર હોય તો કાંઈ પણ બળ લગાડયા સિવાય તે સ્થિર જ રહે. વ્યવહારમાં આપણે કોઈપણ પદાર્થને પોતાની મેળે પોતાની સ્થિતિ બદલતો દેખતા નથી.

ઝાડ ઉપર પાકેલું ફળ પોતાની મેળે ટપક કરીને પડતાં જોઇએ છીએ. પણ આ ફળ પોતાની મેળે પડી જતું નથી. એ શાથી દીંટાપરથી ખરી પડે છે. અને ખરી પડીને આકાશમાં ઉડતું નથી પણ પૃથ્વી પર જ કેમ પડે છે એ સમજવાને માટે ગુરૂત્વાકર્ષણ એટલે શું એ જાણવું જોઇએ. એ સંબંધે આગળ કહીશું. આ બળ કદ (સમુહ) અને અંતર (છેડું)એ બેના પ્રમાણમાં એકબીજાને ખેંચે છે. નિયમ એવો છે કે આ બળ કદના સમપ્રમાણમાં અને છેટાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં વધારે ઓછું થાય છે. જેમ સમુહ વધારે તેમ ખેંચવાનું બળ વધારે અને જેમ અંતર વધારે તેમ ખેંચાણનું બળ ઓછું.

હમણાં કહી ગયા તે ફળ દીંટા આગળથી પાકીને એટલું નબળું થાય છે કે ફળને પૃથ્વીની તરફથી થતા આકર્ષણને લીધે તે તૂટી પડે છે. પૃથ્વી ઉપરના બધા પદાર્થોની સરખામણીમાં પૃથ્વીનો સમુહ વધારેમાં વધારે હોવાથી સઘળા પદાર્થ બીજે કોઈ ઠેકાણે ખેંચાઇ ન જતાં પૃથ્વી પર જ પડે છે.

પદાર્થનાં ત્રણ રૂપ—ઘન, પ્રવાહી અને વાતરૂપ:— સઘળા ભૌતિક પદાર્થો ઘન, પ્રવાહી અથવા વાતરૂપ એ ત્રણ અગર તેમાંના એક રૂપમાં હોય છે. જ્યારે પદાર્થની અંદરનાં તેનાં પરમાણુ અથવા અણુ એક બીજાની ઘણી જ પાસે પાસે હોય ત્યારે તે પદાર્થ ઘનરૂપમાં હોય છે. જ્યારે પદાર્થની અંદરનાં પરમાણુ અથવા અણુ એટલાં દૂર દૂર હોય કે તે એકબીજા પર ગુલાંટિયા ખાઇ શકે ત્યારે તે પદાર્થ પ્રવાહી રૂપમાં હોય છે; અને જ્યારે પદાર્થનાં પરમાણુ અથવા અણુ બાહ્ય દબાણ ન હોય તો એક બીજાથી દૂર ને દૂર જાય એવી સ્થિતિમાં હોય ત્યારે એ પદાર્થ વાતરૂપ હોય છે.

પદાર્થ આ ત્રણે રૂપમાં રહે છે. બેશક આ કહેવાને અપવાદ રૂપ દાખલા છે. રૂપ બદલવામાં અમુક ક્રમ હોય છે. ઘનમાંથી પ્રવાહી અને તેમાંથી વાતરૂપ એમ બને છે; જો કે કેટલાક પદાર્થો ઘનમાંથી બારોબાર એટલે પ્રવાહી થયા સિવાય વાતરૂપ ધારણ કરે છે. કેટલાક પદાર્થો

મહા મુશ્કેલીએ રૂપ બદલે છે. કોઇને ઠંડક, કોઇને ગરમી અને કોઇને ઘણું જ દબાણ લગાડવાથી રૂપ બદલાય છે. છતાં સાધારણ રીતે કહી શકાય કે રૂપ બદલવાને ગરમી લગાડતાં પદાર્થનું પૃથક્કરણ ન થઈ જાય તો સઘળા પદાર્થ ત્રણે રૂપ ધારણ કરી શકે.

ગતિ:—પદાર્થ વિજ્ઞાનના અભ્યાસીએ ગતિ એટલે શું એ પહેલું જાણવું જોઇએ. ગતિ એટલે સ્થળાન્તર. જુઓ આ પથરો અહીં પડયો છે. તે હાલતો ચાલતો નથી. પણ હું એને આ ધક્કો મારૂં છું, તો એણે પોતાની જગા કેવી બદલી ? બીજી રીતે કહીએ તો એને ગતિ આવી. આ પથરો એક જગાએથી બીજી જગાએ ગયો એટલું જ જાણવું બસ નથી. ગતિ સંબંધી સઘળું જ્ઞાન એટલી બાબતમાં આવી જતું નથી. ઘણું વધારે જાણવાનું છે. પણ માત્ર ખેચરદૃષ્ટિથી વર્ણવેલા આ સરળ પુસ્તકમાં બધું કહી શકાતું નથી. તોપણ થોડું થોડું કહીશું. કેટલા વેગથી આ પથરો ચાલ્યો એ જાણવું જોઇએ. વેગ એ શબ્દનો અર્થ તમને સમજાવવો જોઈએ. આપણે ફરવા જઈએ અને એક કલાક સુધી ચાલ ચાલ કરીને બે માઇલ ચાલીએ. વળી બીજો કલાક ચાલીને બીજા બે માઇલ કાપીએ તો આપણો વેગ બે માઇલનો કહેવાય.

વેગ જણાવવાને અગત્યની બાબતો:—હવે ધારો કે આપણે આગગાડીમાં બેઠા છીએ. તમારામાંના ઘણા જણ આગગાડીમાં બેઠા હશો. બેઠા નહિ હો તો આગગાડી ચાલતી તો જોઇ હશે. વગડામાં, રસ્તામાં ગાડી કેવી દોડે છે અને સ્ટેશન આવે એટલે ઉભી રહે છે. ધારો કે રસ્તામાં પહેલાં ૩૦ માઇલની ઝડપથી ચાલતી હતી અને સ્ટેશન પાસે આવ્યું એટલે એનો વેગ ધીરે ધીરે ઓછો થતો થતો છેવટે બંધ થઇ ગયો અને ગાડી ઉભી રહી. હવે ગાડી ધીમે ધીમે ધીરી પડી તેનો વેગ શી રીતે કહેવાય ? અને ગાડી રસ્તામાં ત્રીસ માઇલને વેગે ચાલતી હતી એ કહેવાનો અર્થ શો ? એનો અર્થ એ જ કે જો ગાડી ધીરે ધીરે ધીમી પડીને સ્ટેશન પર ઉભી ન રહી હોત તો તે એક કલાકમાં ત્રીસ માઇલ દૂર જાત.

ચાલવાની ઝડપ અથવા ગતિનો વેગ કહેવો હોય તો બે વાનાં કહેવાં જોઇએ. એક તો કેટલું સ્થળાન્તર કર્યું તે અને બીજું તે કરતાં વખત કેટલો લાગ્યો તે. આગગાડી કલાકમાં વીસ અથવા ત્રીસ માઇલ જાય છે એમ કહેવાય છે. પથરો ફેંકીએ તો એક સેકંડમાં દશ કે પંદર ફીટ દૂર જાય છે એમ કહેવાય છે.

કોઇ કોઈ વાર સ્થળાન્તર કરતાં જે વખત લાગે તે નથી પણ કહેવાતો. જેમકે અમુક માણસ બાર ગાઉની મજલ કરે છે એનો અર્થ એ જ કે દિવસમાં બાર ગાઉ ચાલે છે. કોઇ પદાર્થનો વેગ દશ ફીટનો છે. એનો અર્થ એટલો જ કે તે પદાર્થ એક સેકંડમાં દશ ફીટ દૂર જાય છે..

બળ:—તમે મોઈદંડા તો રમ્યા હશો અગર બીજાને રમતાં જોયા તો હશે જ. મોઇને બદીમાં, અથવા હાથમાં સ્થિર પકડીને પછી તેને ટોલો મારીએ એટલે મોઈ ચાલવા માંડે છે. આમાં તમને સમજાયું હશે કે પદાર્થને ગતિમાં લાવવાને બળ વાપરવું પડે છે. તેમ જ અગાડી ગયા પછી બીજો છોકરો મોઇને ઝીલી લે છે, તે વખતે પણ તેને બળ વાપરવું પડે છે. એટલે ગતિ આપતાં અને ગતિને બંધ કરતાં—અટકાવતાં—બળનો ખપ પડે છે.

ગતિ ઉત્પન્ન કરતાં અને બંધ કરતાં જે બળ વાપરવું પડે છે તે અનેક પ્રકારનું હોય છે. હાથવડે પથરો ફેંકીએ છીએ ત્યારે હાથના માંસના લોચાના બળવડે એ ફેંકાય છે. ચારઠને ઘોડા જોડીએ છીએ ત્યારે ઘોડાના બળવડે ચારઠ ચાલે છે. વહેતા પાણીમાં માટી, પથરા ઇત્યાદિ તણાઈ આવે છે એ પાણીના પ્રવાહના બળવડે થાય છે. પવનના બળવડે પવનચક્કીઓ ચાલે છે અને વહાણ સમુદ્રમાં એક બંદરથી બીજા બંદરે જાય છે. વરાળના બળથી ગીરણીઓ–મિલો, આગગાડીઓ, આગબોટો ચાલે છે. વજનના અથવા કમાનના બળવડે ઘડીઆળ ચાલે છે. ટુંકામાં એ જ કે પ્રાણિઓના સ્નાયુઓ, પાણીનો પ્રવાહ, પવન, વરાળ, વજન, કમાન ઇત્યાદિ અનેક પ્રકારનાં બળવડે પદાર્થમાં ગતિ આવે છે.

જે માણસને પદાર્થવિજ્ઞાનનું સારૂં જ્ઞાન હોય છે તે આ બધાં બળમાંથી કઈ જાતનું બળ કઇ જગાએ અને કેવી રીતે કામે લગાડવું તે બરોબર જાણે છે. જેને થોડું જ્ઞાન હોય તે પોતાના જ્ઞાનના પ્રમાણમાં અમુક અમુક બળ કામે લગાડી પોતાનું કામ ચલાવી લે છે.

ભાર કિંવા દાબ:—જ્યારે કોઇ પદાર્થને કોઇ ખેંચતું કે દબાવતું હોય, તેની વચમાં કોઇ બીજો પદાર્થ આવીને તેની ગતિ બંધ પાડે ત્યારે વચમાં આવનાર પદાર્થ પર પેલા પદાર્થનો ભાર પડે છે.

જુઓ આ ટેબલ છે. તેના ઉપર હું એક પથ્થર મુકું છું. તમે જાણો છો કે એ પથરાને નીચેથી પૃથ્વી પોતાના મધ્યબિંદુ તરફ ખેંચે છે. જો ટેબલ વચ્ચે ન હોત તો પથરો નીચે જમીનપર પડત. પણ ટેબલના અંતરાયને લીધે તે નીચે પડી શકતો નથી. તેમ પથરાનો ભાર ટેબલ ઉપર પડે છે. ટેબલ ઉપર ભાર પડે છે કે નહિ એ જોવું હોય તો ટેબલને બદલે તમારો હાથ નીચે રાખો એટલે ખબર પડી જશે!

બળની સમતુલ્યતા:—જુઓ, આ બારણાના એક કમાડને એક છોકરો ઉઘાડવાને ધક્કેલે છે, અને બીજો એ ન ઉઘડે માટે તેને દબાવી રાખે છે. હવે જો એ બન્ને છોકરાનાં બળ સરખાં હશે તો બારણું ઉઘડશે એ નહિ અને બંધે થશે નહિ. દોરડું ખેંચવાની રમતમાં દોરડાને બન્ને છેડે છોકરાઓ વળગ્યા હોય છે અને દોરડું પોતાની તરફ ખેંચી લેવાને બળ કરે છે. જ્યાં સુધી બન્ને ટોળીનાં બળ સરખાં હોય છે ત્યાં સુધી દોરડું આમ કે તેમ એકકે બાજુએ ખેંચાતું નથી. આ ઉપરથી ખુલ્લું સમજાય છે કે જો કોઈ પદાર્થ ઉપર સામસામેથી સરખાં બળ લાગે તો તેથી તે પદાર્થ ગતિમાં આવતો નથી અને સ્થિર રહે છે. આમ થાય છે ત્યારે બળની સમતુલ્યતા થઇ એમ કહેવાય છે.

ટેકા પાસેથી બળ લગાડવાની જગા જેમ દૂર તેમ તે પદાર્થ ઉચકવો સરળ:—આ એક મોટું મોભિયું પડયું છે. તેને બે છેડા અગાડીથી બે માણસે પોતપોતાના ખભા ઉપર ઉચકવું, અને દરેકને કેટલો ભાર લાગે છે તે જોવું. પછી એક માણસે છેડા અગાડી

રહેવું અને બીજાયે પોતાના છેડાથી બીજા છેડા તરફ થોડું પાસે જવું,. તો ભાર વધારે લાગશે. વળી થોડું અગાડી જવું, એ પ્રમાણે બીજા છેડા તરફ જેમ જેમ વધારે વધારે અગાડી જશે તેમ તેમ ભાર વધારે ને વધારે લાગતો જશે. છેવટે એટલો ભાર લાગશે કે તેનાથી ઉચકાશે પણ નહિ.

જ્યારે જમીનમાંથી મોટો પથરો કહાડવો હોય છે અથવા તો મ્હોટું લાકડું ખસેડવું હોય છે ત્યારે તેની નીચે લોઢાની નરાજનો એક છેડો ઘાલે છે ને ત્યાંથી થોડે છેટે એક પથરો અગર લાકડું ટેકા તરીકે મુકે છે. પછી બીજા છેડા ઉપર ભાર દે છે. જેમ બીજો છેડો વધારે લાંબો તેમ ભાર ઓછો દેવો પડે છે અને પથરો કે લાકડું સહેલાઇથી ઉચકાય છે. આ ઉદાહરણમાં પથરો કે લાકડું એ વજન, થોડું અગાડી મુકેલું લાકડું કે પથરો એ ટેકો અને નરાજનો બીજો છેડો એ બળ લગાડવાની જગ્યા. ઉચકવાના અથવા ખસેડવાના લાકડાથી ટેકા સુધીના અંતર કરતાં ટેકાથી તે બળ લગાડવાની જગ્યા સુધીનું અંતર જેટલા ગણું મોટું હોય તેટલા ગણું બળ ઓછું લગાડવું પડે છે. ધારો કે ઉચકવાના લાકડાથી ટેકા સુધીની લંબાઇ એક ફુટ હોય અને ટેકાથી બળ લગાડવાની જગ્યા સુધીની નરાજની લંબાઇ સાત ફીટ હોય તો એક મણ જેટલું બળ લગાડવાથી સાત મણ જેટલું વજન ઉંચું થઇ શકે.

મુખ્ય મુખ્ય કુદરતી શક્તિઓ:—બળ શબ્દનો અર્થ તમને સમજાવ્યો. વિજ્ઞાનના અભ્યાસીને મુખ્ય મુખ્ય કુદરતી શક્તિયોની માહીતી પણ હોવી જોઇએ ધારી એમના વિષે થોડું થોડું કહું.

ગુરૂત્વાકર્ષણ:—જે આકર્ષણ શક્તિને લીધે સઘળા ભૌતિક પદાર્થો પોતપોતાનાં મધ્યબિંદુ આગળથી અરસ્પરસ ખેંચાય છે તેને ગુરૂત્વાકર્ષણ કહે છે. આપણા સંબંધમાં આવતા બધા ભૌતિક પદાર્થોમાં પૃથ્વી મોટામાં મોટો પદાર્થ હોઇ તેનું આકર્ષણ બધા પદાર્થને થાય છે. એ બધા પદાર્થો પૃથ્વીને પણ આકર્ષે છે પરન્તુ પ્રમાણમાં તે બહુ જ કમતી હોવાથી પૃથ્વીના આકર્ષણમાં બાદ માત્ર થાય છે.

વ્યવહારમાં એ લેખામાં એ આવતું નથી. પૃથ્વીના આકર્ષણથી સઘળા પદાર્થો નીચે ખેંચાય છે. હવે જો તે પદાર્થને નીચે જવામાં બીજો કોઇ પદાર્થ વચ્ચે આવી અંતરાય કરે તો તે વચ્ચે આવનાર પદાર્થ ઉપર પહેલા પદાર્થનો ભાર પડે છે એ જોઈ ગયા. નીચે અને ઉપર એ શબ્દો આપણે પૃથ્વીને સંબંધે જ બોલીએ છીએ. નીચે એટલે પૃથ્વી તરફ. ઉંચે એટલે પૃથ્વીની સામી બાજુએ આકાશ તરફ. સઘળા પદાર્થ પૃથ્વી તરફ ખેંચાય છે. આપણે ડુંગરપર ચઢીએ છીએ ત્યારે પૃથ્વીથી ઉલટી દિશામાં જઇએ છીએ. પૃથ્વી આપણને જે આકર્ષણ બળે ખેંચે છે તેને તોડીને આપણે ઉંચે જઇએ છીએ. માટે જ આપણે ડુંગરા પર ચઢતાં કે મોટા દાદર પર ચઢતાં થાકી જઇએ છીએ. પણ જ્યારે નીચે ઉતરીએ છીએ ત્યારે પૃથ્વીના આકર્ષણ બળની દિશામાં જ જઇએ છીએ માટે ચઢવાના કરતાં ઉતરતી વખત સહેલું પડે છે.

આપણે પાણીમાં પથરો નાંખીએ ત્યારે પથરાનો ભાર પાણીથી ઝીલાતો નથી, અને તે આખું પાછું ખભી જાય છે એટલે પથરો ગબેળ કરીને તળીએ બેસે છે. એ જ પ્રમાણે આપણે બધાંને જમીનનો આધાર ન હોત તો આપણે પોતાના ભારને લીધે પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ તરફ ગળી જ જાત ! જુનાં છાપરાં અથવા જુના માળ પડી જાય છે અને ઘણાં એ માણસને ચગદી નાંખે છે, એ તમારા સાંભળવામાં આવ્યું હશે. ઉપરના પદાર્થનો ભાર જ્યારે પોતાથી ન ખમાય ત્યારે એ પડી જાય છે.

ગુરૂત્વાકર્ષણ પદાર્થનાં રજકણ સમુહના સમ પ્રમાણમાં અને એક બીજાના અન્તર–છેટાના વ્યસ્ત પ્રમાણમાં ખેંચે છે. જેમ સમુહ–ભાર–વધારે તેમ ગુરૂત્વાકર્ષણ વધારે અને જેમ છેટું વધારે તેમ ગુરૂત્વાકર્ષણ ઓછું.

સમ્બન્ધાકર્ષણ:—જે આકર્ષણ શક્તિને લઇને એક જ પદાર્થનાં—એક જ જાતનાં—રજકણો એક બીજાને આકર્ષે છે—વળગી રહે છે—તે શક્તિને સમ્બન્ધાકર્ષણ કહે છે. જેમ રજકણ પાસે પાસે તેમ સમ્બન્ધાકર્ષણ વધારે. આ આકર્ષણ શક્તિને લીધે જ પદાર્થનાં ત્રણ જુદાં જુદાં

રૂપ હોય છે. જે પદાર્થમાં ઝાઝા સમ્બન્ધાકર્ષણથી રજકણો પાસે પાસે તે ઘન; જેમાં ઓછા સમ્બન્ધાકર્ષણને લીધે તેનાં રજકણો એકબીજા ઉપર ગુલાંટિયાં ખાઈ શકે તે પ્રવાહી; અને જે પદાર્થનાં રજકણો બાહ્ય દબાણને જ લીધે એકઠાં રહેલાં હોય, અને દબાણ ઓછું થતાં આઘાં આઘાં જાય તે વાતરૂપ. સમ્બન્ધાકર્ષણથી જોડાયલા સમુહમાં રજકણોના ગુણ, દ્રવ્ય એનાં એ જ રહે છે.

સ્નેહાકર્ષણ:—પણ જુદી જુદી જાતનાં રજકણોમાં એક બીજાની જોડે જોડાવાની શક્તિ હોય છે. એ શક્તિને સ્નેહાકર્ષણ અગર રસાયનાકર્ષણ કહે છે. રસાયનાકર્ષણથી જોડાયલાં રજકણોનાં રૂપ, ગુણ, દ્રવ્ય વગેરે ફરી જાય છે. સોડિયમ્ એ ઘન ધાતુરૂપી તત્ત્વ છે અને ક્લોરિન એ વાયુરૂપ છે. પણ એ બેના સ્નેહાકર્ષણથી જોડાયલું રૂપ મીઠું તે ઘન છે. પાણી ઓક્સિજન અને હૈડ્રોજન નામના બે વાતરૂપ પદાર્થના સ્નેહાકર્ષણવડે જોડાવાથી બન્યું છે. પાણી પ્રવાહી છે. એક જ જાતનાં રજકણવાળા પદાર્થો સૃષ્ટિમાં થોડા જ હોય છે. પથરા, માટી, પાણી, વનસ્પતિ, હવા ઇત્યાદિ ઘણા પદાર્થો જુદી જુદી જાતનાં રજકણોના સ્નેહાકર્ષણથી જોડાઈને બનેલા છે.

લગ્નાકર્ષણ:—જે આકર્ષણ શક્તિથી લગોલગ આવેલાં રજકણો એક બીજાને આકર્ષી જોડાઈ જાય છે તેને લગ્નાકર્ષણ કહે છે.

આકર્ષણશક્તિયોનો ઉપયોગ:—ગુરૂત્વાકર્ષણ, સમ્બન્ધાકર્ષણ, સ્નેહાકર્ષણ અને લગ્નાકર્ષણ વગેરે શક્તિયો જો સૃષ્ટિમાં હોત નહિ તો આપણી શી વલેહ થાત તે તમને કહું એટલે તમને એમનો ઉપયોગ તરત સમજાશે.

પહેલું જો ગુરૂત્વાકર્ષણ ન હોત તો શું થાત તે જોઇએ. હવે દરેક પદાર્થ પરથી પૃથ્વીનું આકર્ષણ મટી ગયું એટલે તે પૃથ્વીપર જ રહે એમ બને નહિ. આપણે ઉંચે કૂદકો મારીએ તો પછી ઉંચે જ ચાલ્યા જઇએ. પવન આવે કે આપણે ઉડી જઈએ. ઘર, મોટી મોટી હવેલીઓ પણ પવનનો જબરો ઝપાટો આવ્યો કે ઉડી! પણ પૃથ્વીનું

પોતાનું એ શું થાત? પૃથ્વી પોતાની કક્ષામાં જ ફરે છે તેનું કારણ સૂર્ય અને બીજા આકાશીપદાર્થોના અરસપરસનું આકર્ષણ જ છે. એ આકર્ષણ ગયું એટલે પૃથ્વીબાઇ પોતે પણ આકાશમાં રમણે ચઢત!

હવે સમ્બન્ધાકર્ષણ અને રસાયનાકર્ષણ લ્યો. દરેક પદાર્થનાં રજકણો છૂટાં થઈને ઉડ્યા જ કરત! એકઠાં કોને આધારે રહે? કોઇ પણ જગાએ ઘન અગર પ્રવાહીનું તો નામે ન મળત! અરે, આપણે પણ હોઇએ ક્યાંથી? આપણું શરીર રસાયનાકર્ષણથી બનેલા જુદા જુદા પદાર્થનું બન્યું છે. એ આકર્ષણ ગયાં એટલે બધાં રજકણો છૂટાં પડી જાત અને સૃષ્ટિ માત્ર રજકણમય થઈ જાત! આમ થાત માટે જ આ બધી શક્તિયોની ખરેખરી જરૂર છે. એ શક્તિયો છે માટે જ તમે ને હું છઉં, અને તમે વર્ગમાં બેઠા છો અને હું તમને શિખવું છું!

આકર્ષણની વધઘટ:—દરેક પદાર્થનાં રજકણો સમ્બન્ધાકર્ષણથી જોડાયલાં હોવાથી તે પદાર્થનું અસ્તિત્વ છે. સમ્બન્ધાકર્ષણ દરેક પદાર્થમાં છે ખરૂં પણ તેનું પ્રમાણ સરખું હોતું નથી. લોઢામાં તે જેટલું છે તેટલું લાકડામાં હોતું નથી. લાકડામાં છે તેટલું માંખણમાં હોતું નથી. અને પાણી જેવા પ્રવાહીઓમાં તે ઘણું જ ઓછું હોય છે. આ આકર્ષણ જેમ પદાર્થમાં કમી જાસ્તી હોય છે તે પ્રમાણમાં જ તે પદાર્થની કઠણાશ હોય છે. માંખણ કરતાં લાકડું, અને લાકડા કરતાં લોઢું કઠણાશમાં વધારે હોય છે. માંખણમાંથી જેટલું લેવું હોય તેટલું લેવાય છે પણ લોઢાની ચીપમાંથી એમ ચપટી ભરીને લોઢું લેવાય?

પ્રવાહીમાં સમ્બન્ધાકર્ષણ:—આ પાણી છે તેમાં તમારી આંગળી ઘાલીને ઉંચી કરો. આંગળીના ટેરવા ઉપર પાણીનું ટીપું આવ્યું તે જોયું. એના રજકણસમુહના સમ્બન્ધાકર્ષણને લીધે આ ટીપું ટેરવે વળગ્યું આવ્યું એ ખુલ્લું છે.

કેટલાક પદાર્થમાં સમ્બન્ધાકર્ષણનું જોર સઘળી દિશામાં સરખું હોતું નથી. એક બાજુએ વધારેને બીજી બાજુએ ઓછું એમ હોય છે. કેળનં અગર તાડનં પાદડં ઉભું કાડતાં જેટલં સરળ પડે તેટલું

આડું ફાડતાં નહિ પડે. લાકડું ઉભું ચીરવું સહેલું પડશે અને આડું ફાડતાં બહુ જ જોર પડશે.

પદાર્થની મજબૂતાઈ:—ઉપરના દાખલાઓથી તમે જાણ્યું હશે કે સઘળા પદાર્થ સરખા મજબૂત હોતા નથી. લાકડા કરતાં લોઢું વધારે મજબૂત છે. સુતરની દોરી કરતાં લોઢાની સાંકળ વધારે મજબૂત હોય છે.

કારીગર લોકોને કિયા કિયા પદાર્થ મજબૂત છે એની સારી માહીતી હોવી જોઇએ. જ્યારે ઘર, પૂલ કે મોટી ઇમારત બાંધવાની હોય છે ત્યારે અમૂક જગાએ કેટલું જોર પડશે એનો વિચાર કરીને ત્યાં ઓછો વત્તો મજબૂત સામાન વાપરવો પડે છે. ઘણું કરી જ્યાં જેટલું જોર પડવાનો સંભવ, હોય તેના કરતાં અનુમાનથી આઠ અથવા દશગણોવ ધારે મજબૂત સામાન ત્યાં વાપરવાનો રિવાજ છે. આથી કરીને કામ મજબૂત અને ટકાઉ થાય છે. જે કારીગરને આવું જ્ઞાન નથી તેનાં કરેલાં કામ વહેલાં પડી જાય છે.

ઘર્ષણ અથવા ઘસારો:—એક પદાર્થ ઉપર બીજો પદાર્થ જ્યારે ઘસરડીએ છીએ ત્યારે તે જેટલો ખડબચડો હોય તે પ્રમાણમાં તેની ગતિમાં અડચણ પડે છે. આ અડચણને ઘસારો કહે છે. સઘળા પદાર્થમાં સરખું ઘર્ષણ નથી હોતું. જેમ પદાર્થમાં ખડબચડાપણું ઓછું તેમ ઘર્ષણ પણ ઓછું. જો રસ્તા ઉપર લીલ થઇ હોય અને તેથી રસ્તો લપસણો થયો હોય તો ચાલવાનું કેવું કઠણ થઇ પડે છે ? પ્રસંગ પ્રમાણે કેટલીક વખત ઘર્ષણ વધારવું એ પડે છે. ચોમાસામાં લીલ થઇને લપસણું થાય તો આપણે રેતી કે ધૂળ અથવા માટી નંખાવીએ છીએ. એ આપણે શું કરીએ છીએ ? ઘર્ષણ વધારીએ છીએ. લીસી જમીન પર ચાલતાં પગ અને જમીન વચ્ચે ઘર્ષણ નહોતું તેથી લપસી જતા, તે રેતી, ધૂળ કે માટી નંખાવીને વધાર્યાથી લપસતા નથી. પણ ગાડીના પૈડામાં તેલ ઉંજી આપણે ઘર્ષણ ઘટાડીએ છીએ. એથી બળદ કે ઘોડાને જોર ઓછું પડે છે. સંચાઓમાં ઘર્ષણ ઘટાડવાને બહુ બહુ વાનાં વાપરે છે. સીસાપેનની અંદરનો કાળો પદાર્થ જેને પ્લંબેગો કહે

છે તેનો ભૂકો અને ચરબી રોજ ઉંજે છે. ઘર્ષણ છે તો ઠીક છે નિકર પદાર્થ અને પ્રાણી માત્રથી કોઇપણ જગાએ ઉભું રહેવાત નહિ. કશું બરાબર ગોઠવાત જ નહિ.

ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ:—તમને પ્રથમ કહી ગયો છું કે દરેક પદાર્થ એકબીજાને પોતપોતાની અંદરના એક બિંદુ આગળથી આકર્ષે છે. આ બિંદુ આગળથી એ પદાર્થને ટેકવી ઉંચો રાખીએ તો એ સઘળી તરફ સરખો રહે, અને આજુબાજુનાં બધાં રજકણોનું તોલ સરખું થાય. પદાર્થની અંદરના આ બિંદુને તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કહે છે.

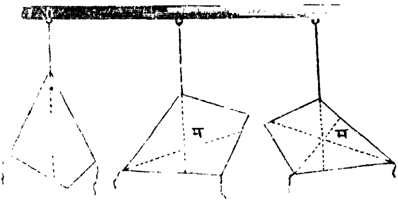
ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ શોધવાની રીત:—આ લાકડી લ્યો અને તમારી આંગળી પર આડી મૂકો. જ્યાં સુધી તે બરાબર સમતોલ થાય ત્યાંસુધી તેને આઘી પાછી ખશેડો. હાં, બસ, જુઓ, કેવી સમતોલ સીધી રહી ! એ જગાએ નિશાની કરો. આ લાકડીનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ એ જગાએ છે. આ ઉપરથી તમારે બીજી વાત સમજવાની છે. લાકડીનો સઘળો ભાર તમારી આંગળીપર પડયો ખરોકેની ? ત્યારે ગુરૂત્વમધ્ય બિંદુ અગાડી તેના બધાં રજકણો સમતોલ થાય છે એટલું જ નહિ પણ બધાં રજકણોનો ભાર એ જગાએ જાણે એકઠો થયો હોય નહિ, એમ લાગે છે. પદાર્થના ગુરૂત્વમધ્યબિંદુથી પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ સુધી કલ્પિત લીંટી દોરીએ એને ગુરૂત્વમધ્યરેષા કહે છે. પદાર્થ ઉંચેથી જમીન ઉપર પડે છે ત્યારે હમેશ એ લીંટીમાં જ પડે છે.

પદાર્થને જે વડે ટાંગ્યો હોય તેને તેનું આધાર મધ્ય કહે છે. ખીલા ઉપર ટાંગ્યો હોય તો ખીલો તેનું આધારમધ્ય કહેવાય. એ આધારમધ્ય અને ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હંમેશ એક ઓળંભામાં જ હોય છે.

જુઓ, હું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ શોધતાં શિખવું. આ પત્રાની કોરમાં ત્રણ ચાર ઠેકાણે કાણાં પાડું છું. એમાંના એકમાં દોરી પરોવીને એ દોરી વડે એ પત્રાને અદ્ધર લટકાવું છું. એની જોડે એ જ ખીલાપર દોરીએ બાંધેલો એક ઓળંબો પણ લટકાવું છું. હવે જ્યારે દોરી સ્થિર થઇ ત્યારે ખડી વડે સ્થિર થએલી દોરીની નીચે નીચે એક લીંટી દોરૂં છું. જુઓ એ લીંટી ઓળંભાની દોરીની નીચે પત્રા ઉપર જ દોરાઇ. ફરી વળી બીજા કાણામાં

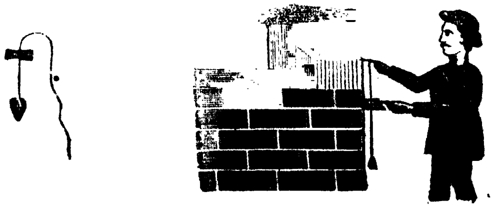
દોરી પરોવી પ્રથમની પેઠે જ કરૂં છું. એક એક પછી એક પાડેલાં બધાં કાણાંથી પત્રાને લટકાવી લીટી દોરૂં છું. આ બધી લીટીઓ એક બીજાને એક જ બિંદુમાં છેદે છે. એ **મ** બિંદુ આગળ આ પત્રાનું ગુરૂત્વ-મધ્યબિંદુ છે. **મ** બિંદુ આગળથી જો તમે પત્રાને ટાંગો તો પત્રું બધી તરફથી સમતોલ રહેશે. એ **મ** બિંદુ આગળ આંગળી ટેકવી પત્રાને તે પર રાખશો તો આખા પત્રાનો ભાર આંગળીપર પડયો લાગશે.

આકૃતી ૧.



ઓળંભો તો તમે સઘળાએ જોયો હશે. કડીઆને કોઇ દહાડો ચણતાં જોયો છે? પાસેની આકૃતિમાં ચિત્રેલા જેવું એનું ઓજાર જોયું છે? એને ઓળંભો કહે છે. એને ગમે ત્યાં ટાંગીએ પણ એ પૃથ્વીના મધ્યબિંદુની સીધી લીટીમાં જ રહે છે. પોતાની ચણેલી ભીંત ક્ષિતિજને લંબરૂપે છે કે કોઇ બાજુ નમેલી છે એ જોવા સારૂ એનો ઉપયોગ થાય છે.

આકૃતિ ૨.



ત્રાજવાં:—તમારા હાથમાં આ લ્યો. એનાં પલ્લાં ખાલી રહેવા દો. જુઓ, એ સ્થિર થાય છે ત્યારે એની દાંડી બરોબર આડી એટલે ક્ષિતિજસમસૂત્ર રહે છે. અને કાંટો બરોબર સીધો રહે છે વચલા નાકાથી બે તરફનાં પલ્લાં સુધીની દાંડી સરખી લાંબી તેમ જ એક સરખા જાડી છે. પલ્લાં પણ સરખાં તોલનાં છે. તમે જો બરોબર વિચાર કરશો તો તમને જણાશે કે જો દાંડી સરખા વજનની અને સરખી લંબાઈની હોય અને પલ્લાં પણ સરખા વજનનાં હોય તો ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ત્રાજવાની વચમાંના નાકાની નીચે અને લટકાવવાની જગાના ઓળંભાની લીટીમાં જ હોવું જોઇએ.

આકૃતિ ૩.



હવે જો આ ત્રાજવાનાં બને પલ્લામાં સરખાં વજન મૂકીએ તોપણ તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ખસે નહિ અને ત્રાજવાનો કાંટો ઉભો ને ઉભો રહે. જો એકાદા પલ્લામાં વજન ઓછું મૂકીએ તો દાંડી વાંકી થાય અને કાંટો પણ વાંકો થાય.

ત્રાજવાના એક પલ્લામાં કોઈ પદાર્થ મૂકો અને બીજામાં–ધારો કે દશ શેરીઓ મૂકીએ. જો પદાર્થવાળું પલ્લું નીચું નમ્યું તો જાણવું કે પદાર્થ દશ શેરથી ભારે છે. દશશેરીઆવાળુ પલ્લું નીચું નમે તો જાણવું કે પદાર્થ દશ શેરથી હલકો છે. બન્ને પલ્લાં સરખાં કરવા સારૂ પદાર્થ અગર વજન–કાટલાં ઉમેરવાં કે લઇ લેવાં પડે છે.

ઘન પદાર્થના ધર્મ સંબંધી તમે કેટલીક વાતો જાણી, હવે પ્રવાહી પદાર્થના ધર્મની વાત કરીશું.

પ્રવાહીપદાર્થના ધર્મ.

પ્રવાહીપદાર્થ દબાવાતા નથી:—જ્યારે પદાર્થનાં રજકણોમાં સમ્બન્ધાકર્ષણ ઓછું* હોવાથી અગર બીજી રીતે બોલીએ તો સમ્બન્ધાકર્ષણ અને પ્રવિસરણ બરાબર હોવાથી રજકણો એકબીજાથી છૂટાં ન પડી જતાં એકબીજાની આસપાસ ગુલાંટીઆં ખાઇ શકે ત્યારે તેવા પદાર્થને આપણે પ્રવાહી કહીએ છીએ. એ વિશે વાત કરી ગયા છીએ. આ ગુણને લીધે જ પ્રવાહી પદાર્થો ગમે તે આકારના વાસણમાં ભરાય છે. જો મારા ચશ્માને માટે દાબડો કરાવવી હોય તો તે એના આકાર જેવી જ કરાવવી પડે; કારણ કે બહુ સમ્બન્ધાકર્ષણને લઇને એનાં રજકણો આજુબાજુ ખસી શકતાં નથી. પરંતુ જો મારે નવટાંક તેલ અગર પાણી ભરવાને દાબડો કરાવવી હોય તો તે હું ગમે તે આકારની કરાવું તો ચાલે. ગોળ, ચોખંડી, લાંબી કે નળા જેવી ગમે તેવી હોય તોપણ ચાલે. જેમાં નાંખું તેમાં તેલ ભરાય. ગમે તેવી વાંકાચુકા બાજુઓમાં પણ તેલનાં રજકણો આડાંપાછાં ખસી ભરાઇ જાય. પણ આમ થાય ત્યારે તેલનું આકારમાન કે પરિમેયના ઘટે નહિ. એટલે શેર માપનું દુધ કે તેલ અચ્છેરના માપમાં સમાય નહિ. તેના ઉપર ગમે તેટલો ભાર ઘો, છતાં એ દબાઇને નાના વાસણમાં સમાય જ નહિ. પાણી તેને કે દબાણ કરવાથી પોતાના કદના $\frac{૫૩}{૧૦૦૦૦૦૦}$ જેટલું કદમાં ઘટે છે છતાં એ પ્રમાણ એટલું તો ઓછું છે કે દબાતું નથી એમ કહીએ તો ચાલે. પાણી દબાણ કરતાં દબાય કે નહિ એની શોધ કરવાને

---

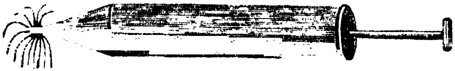
* લેવોઇશિર નામના સુપ્રસિદ્ધ વિદ્વાનના મત પ્રમાણે પદાર્થના દરેક રજકણ પર આકર્ષણ અને પ્રવિસરણ એમ બે તરેહનાં બળ લાગે છે. જેમાં પ્રવિસરણ કરતાં આકર્ષણ વધારે તે પદાર્થ ઘન, જેમાં પ્રવિસરણ અને આકર્ષણ સમાન તે પ્રવાહી અને જેમાં પ્રવિસરણ કરતાં આકર્ષણ ઓછું તે પદાર્થો વાતરૂપ હોય છે.

માટે ફ્લોરેન્સમાં કરેલા પ્રયોગની વાત કહી ગયા છીએ. એ પ્રયોગથી કાંઇને સાટે કાંઇ એટલે પદાર્થમાં છિદ્રત્વ હોય છે એ સાબિત થયું હતું.

બરાબર બંધબેસતા દટ્ટાવાળી પીચકારી લઇ, તેમાં પાણી ભરી પાણી નીકળવાના આગલા વેહ આગળ આંગળી દબાવીએ તો દટ્ટો લગીરે આગળ જશે નહિ, કેમકે પ્રવાહી પદાર્થ દબાવાતા નથી. હવે જો આંગળી ખસેડી લઇએ તો પાણી કાંણેથી ઉડશે અને દટ્ટો અંદર ધકેલાશે.

પ્રવાહીપદાર્થ પર કરેલું દબાણ, માત્ર લગાડેલા બળની જ દિશાએ નહિ પણ સઘળી દિશામાં લાગે છેઃ—પીચકારીના મોં

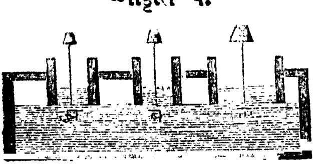
આકૃતિ ૪.



આગળ પીતળનો એક નાનો ગોળો બેસાડીએ અને તે ગોળામાં ચોતરફ સઘળી દિશામાં કાણાં પાડેલાં હોય તો પીચકારીના દટ્ટાનો દાંડો દબાવતાં પાણી સઘળાં કાણાંમાંથી બહાર આવશે. વધારે જોરથી દબાવશો તો વધારે જોરથી આવશે. જો દટ્ટાએ કરેલું આ દબાણ એક જ દિશામાં લાગતું હોત તો પાણી માત્ર આગળના સિદ્ધા કાણાંમાંથી જ નિકળત.

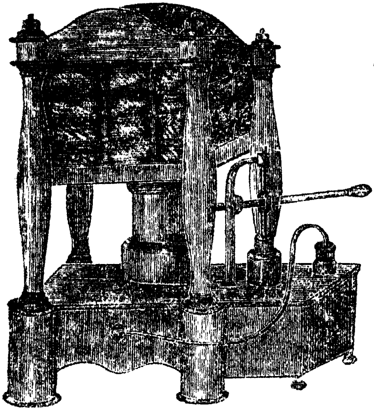
પ્રવાહીપદાર્થ પર કરેલું દબાણ ઓછી વત્તી સપાટીના પ્રમાણમાં ઓછું વત્તું થાય છેઃ—એક વાસણ લઇએ. એ વાસણ બધી બાજુએથી બંધ અને ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે બે નાનાં **અ** અને **બ**, અને એક મોટું ક એમ ત્રણ ઉભાં નળી જેવા મોંવાળું છે. દરેક મોંમાં બરોબર બંધ બેસતો

આકૃતિ ૫.



આવે એવો દટ્ટો હોય છે. આ દટ્ટા ઉંચા નીચા થઇ શકે એવા હોય છે. **અ** અને **બ** ના દટ્ટાની સપાટી સરખી મોટી છે એટલે કે એ બન્ને મોં સરખાં છે; પણ ક મોં બીજા મોં કરતાં આઠ ગણું મોટું છે એટલે એના દટ્ટાની સપાટી બીજા મોંની સપાટી કરતાં આઠ ગણી વધારે છે. વાસણમાં પાણી ભરેલું છે. **અ** અને **બ** મોઢાના દટ્ટા ઉપર અકેક શેરીઓ મૂકીને પાણી ઉપર બશેરનું દબાણ કરીએ તો ક દટ્ટો ઉંચો જશે. એને બિલકુલ ઉંચો ન જવા દેવો હોય તો ક દટ્ટા ઉપર કેટલું દબાણ કરવું પડશે ? તમે ઝટ કહી દેશો કે બશેર કેમકે આપણે નાનાં મોં ઉપર ભાર મૂકીને બશેરનું દબાણ કર્યું છે. પણ એમ નથી. નાના મોં કરતાં ક મોં આઠગણું મોટું છે માટે પાણી ક દટ્ટાને આઠ ગણા વધારે બળથી ઉપરની તરફ ધક્કેલે છે. આમ હોવાથી આપણે ક આગળ સોળ શેરીઓ મૂકીશું તો જ સમતુલ્યતા થશે. આથી તમને સ્પષ્ટ સમજાશે કે પ્રવાહી પદાર્થ પર કરેલું દબાણ સઘળી દિશામાં થાય છે. એટલું જ નહિ પણ સપાટીના પ્રમાણમાં વત્તું ઓછું થાય છે.

પાસ્કલ નામના વિદ્વાને આ વાત ખોળી કાઢી છે. પ્રવાહીના આ ધર્મનો લાભ લઇને ઓછા બળથી વધારે દબાણ થાય એવા ગાંસડીઓ વગેરે બાંધવાના સંચા બ્રામા નામના વિદ્વાને બનાવ્યાથી તેને 'બ્રામાનો દાબવાનો સંચો' કહે છે. એ સંચામાં નાના વ્યાસની પાણી ભરેલી નળીના દટ્ટા ઉપર થોડું બળ લગાડવાથી બીજા ઘણી મોટી સપાટીવાળા મોંનો દટ્ટો ઉંચો થાય છે અને સપાટીના કમીજાસ્તી પ્રમાણમાં ઉપર મૂકેલી વસ્તુ ઉપર દબાણ કરે છે.

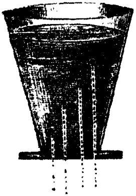


આકૃતિ ૬.

પ્રવાહીનું દબાણ તેની ઉંડાઇ ઉપર આધાર રાખે છે:—

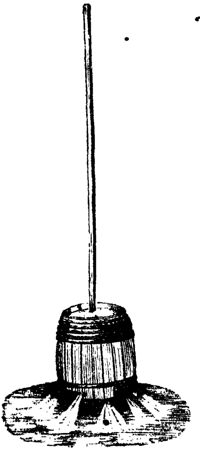
જેમ ઓછી-વત્તી ઉંડાઇ તેમ પ્રવાહીનું દબાણ પણ અનુક્રમે ઓછું-વત્તું પડે છે. એકાદ પ્યાલામાં પાણી ભરો અને તેમાં એક એકથી નીચે કાણાં પાડયાં હશે તો જો કે હરેક કાણામાંથી પાણી નિકળશે એ ખરૂં, પણ નીચેનાં કાણામાંથી ઉપરના કાણામાંથી નિકળે તેના કરતાં પાણી વધારે જોરથી નિકળશે, અને આઘું પડશે. છેક ઉપરના કાણામાંથી પાણી મરતું મરતું અને છેક નીચેના કાણામાંથી જોરભેર નિકળશે.

આકૃતિ ૭.



પાસ્કલનો ખરો છતાં ખોટાનો ભાસ થતો પ્રયોગ:— જો લાકડાના એક મજબુત પીપમાં પાણી ભરી તેની ઉપરની બાજુમાં નાનું કાણું પાડી તે કાણુંમાં એક નાના વ્યાસની ઘણા ફિટ ઉંચી નળી બેસાડીએ. હવે જો આ નળીમાં પાણી ભરીએ તો એ નળીના પાણીનું દબાણ પીપની અંદરના પાણી ઉપર અને પરિણામે પીપની બાજુઓ ઉપર પડે એ દેખીતું જ છે. એ દબાણ દેખીતું તો થોડું હોય એવો ભાસ થાય પણ વસ્તુતઃ એટલું વધારે હોય છે કે, તેથી પીપનાં પાટીઆમાં તડો પડી પાણી વહી જાય. ઉપરચોટીઉં જોનાર ધારે કે પીપની અંદરના પાણી ઉપર

આકૃતિ ૮.



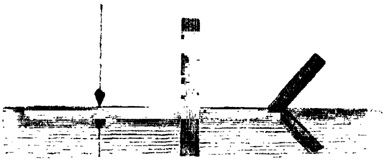
નળી જેટલા જાડા અને નળીની ઉંચાઇ જેટલા ઉંચા પાણીના સ્થંભના વજન જેટલું દબાણ પડતું હશે. પણ ખરૂં જોતાં નળી જેટલા ઉંચા અને પીપના મોટામાં મોટા ઘેરાવા જેવડા પાણીના સ્થંભના વજન જેટલું દબાણ પડે છે.

પ્રવાહીપદાર્થની સપાટી હમેશ ક્ષિતિજસમસૂત્ર હોય છે:— પ્રવાહી પદાર્થ સમ્બન્ધી બીજો એક નિયમ ધ્યાનમાં રાખવા જેવો છે, તે એ કે પ્રવાહી પદાર્થની સપાટી હમેશાં ક્ષિતિજની સાથે સમસૂત્ર હોય છે. એટલે કે તે સાફ સપાટ ખાડાખૈયા વગરની હોય છે. કારણ, પ્રવાહી પદાર્થનાં રજકણ એક બીજાની આજુબાજુ ખસી જાય એવાં હોવાથી તેમની સપાટી ઉપર કોઇ પણ જગાએ ખાડા ટેકરા જેવું રહેતું નથી. જ્યાં ઉંચું હોય ત્યાંથી રજકણો ખસીને નીચે આવે છે અને જ્યાં નીચાણ હોય છે ત્યાં ઉંચાણમાંથી આવીને ભરાય છે.

પ્રવાહીની સપાટી ઉપર જો ઓળંભો મૂકીએ તો તે તેની સપાટી

ઉપર લંબ દોર્યો હોય નહિ, તેમ લાગે છે. મતલબ કે ઓળંબો સપાટી સાથે કાટખૂણો કરે છે. એક લીંટી ઉપર બીજી પડે અને એના પડવાથી ૯૦° નો (કાટખૂણો) થાય તો પડનારી લીંટી લંબ કહેવાય છે એ અને કાટખૂણો ૯૦° નો થાય છે એ સમજો એટલી ભૂમિતિ તો તમને આવડે છે.

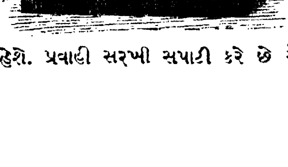
આકૃતિ ૯.



એક વાસણમાં પાણી ભરીને તેના ઉપર એક લાકડી વાંકી ધરવી, એટલે તેનું પ્રતિબિંબ વાંકું પડશે. જો લાકડી બરાબર સીધી ધરીશું તો પ્રતિબિંબ નીચે પાણીમાં સીધું જણાશે. લાકડીની માફક જો ઓળંબો ધરીશું તો તે પણ નીચે સીધો જણાશે. જ્યારે લાકડી તદ્દન સીધી જણાય ત્યારે તે લંબરૂપે છે એમ કહેવાય છે.

પ્રવાહી હમેશ સરખી સપાટી કરે છે:—નીચેની આકૃતિમાં બતાવેલા વાસણમાં જુદા જુદા આકારની અને જુદા વ્યાસની ત્રણ નળીઓ જડેલી છે. વાસણમાં પાણી ભરીએ એટલે નળીઓમાં પણ

આકૃતિ ૧૦.

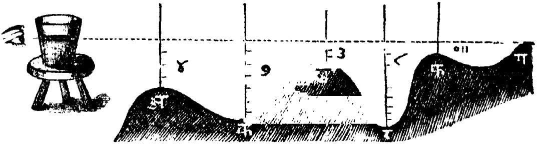


પાણી ઉંચે ચઢે છે. જો તમે ત્રણ નળીઓમાં આવે એટલું પાણી એ વાસણમાં ભરો તો તમને ખબર પડશે કે તે નળીઓ સાંકડી, પહોળી, વાંકી ચુંકી અગર ગમે તેવી હશે તોપણ તે બધીમાં પાણી સરખું ઉંચું રહેશે. પ્રવાહી સરખી સપાટી કરે છે એનો અર્થ તમે સમજ્યા જ

હશે. વળી આ બધી નળીઓના પાણીની સપાટી ક્ષિતિજસમસૂત્ર જ હોય છે.

પ્રવાહી પદાર્થ સરખી સપાટી કરે છે એમ કહ્યું એ વિષે જરા વધારે કહેવું જરૂરનું છે. એક પહોળા મોંના કાચના પ્યાલામાં પાણી ભરીને પાણીની સપાટી બરાબર આપણી નજર રાખીને પછી બીજી બાજુ તરફ જોઇએ તો સામેનો પદાર્થ પાણીની સપાટીથી કેટલો ઉંચો છે તે સહેજ જણાય છે. આ ઉપરથી એક જમીન બીજી જમીન કરતાં કેટલી ઉંચી છે તે સહેજ માપી શકાય છે. જે જે જમીનની ઉંચાઈ આપણે માપવી હોય તે તે જગાએ લાકડીઓ ઉભી રખાવવી. એ લાકડીઓ ઉપર નીચલા છેડાથી એક ઉપર એક એમ ફીટના આંકડા

આકૃતિ ૧૧.



દૂરથી વંચાય એવડા લખાવવા. પછી સહેજ જ જણાય કે તમારા પાણીની સપાટીથી દરેક લાકડી એટલે જે જમીન પર લાકડી રાખી હોય તે જમીન કેટલી ઉંચીનીચી છે. રેલ્વેના પાટા નાંખતી વખત અગર સડકો તૈયાર કરતી વખત સપાટી માપવામાં પ્રવાહીનો આ ધર્મ ઉપયોગમાં આવે છે.

પાણીની બીજા પદાર્થ ઉચકવાની શક્તિ:—જાતે પાણી એ જડ પદાર્થ છે તે તમને કહેવાની જરૂર નથી. કેમકે તમે એ જાણો છો જ. ઘરમાં પાણીઆરામાં પાણી ગાગરમાં ભર્યું હોય, તો તે એમને એમ પડી રહે છે, એ કોને ખબર નથી? પણ એના બીજા કેટલાક ગુણ બતાવવાને હું થોડા પ્રયોગ કરી બતાવું.

તમારી આગળ આ પાણીથી ભરેલું મોટું વાસણ છે. તેમાં હું આ ગાગર જેવું નાનું ખાલી વાસણ મૂકું છું. જુઓ એ વાસણ તરે છે, પણ એનો નીચેનો થોડો ભાગ પાણીમાં ડૂબેલો છે. ગાગરનો જેટલો ભાગ પાણીમાં ડૂબ્યો છે તેટલું પાણી ગાગરના ભારને લીધે આજુબાજુ ખસી ગયું છે એમ કહેવું જોઇએ. હવે થોડે થોડે આ ગાગરમાં નાના પથરા ભરૂં છું. જોયું, જેમ જેમ હું વધારે વધારે કાંકરા નાંખીને ગાગરનું વજનવધારૂં છું, તેમ તેમ આ ગાગર પાણીમાં વધારે ડૂબતી જાય છે. એમ થાય છે એટલે વધારે વધારે પાણી આઘું ખસી જાય છે. આ પાણીમાં જ્યારે ગાગર નહોતી મૂકી તે વખતે જે જગાએ હાલ ગાગર છે તે જગ્યાએ હાલ ખસી ગયું તે પાણી હતું. એ પાણીના પોતાના ભારનું નીચેના પાણી પર દબાણ થતું હતું. અને નીચેનું પાણી ઉપરના પાણીને ઉચકી રાખતું હતું. આવા પરસ્પરના બળવડે એ પાણી તે જગાએ સ્થિર રહ્યું હતું. હવે પાણી ખશી જઈ તે જગાએ ગાગર આવી. પાણી જેમ કરતું હતું તેમ ગાગર પણ પોતાના ભાર વડે નીચેના પાણી પર દબાણ કરે છે અને નીચેનું પાણી જેમ પાણીને ઉચકતું હતું તેમ હાલ ગાગરને ઉચકે છે. આમ બન્યું છે. જ્યારે નીચેના પાણીનું ઉચકવાનું જોર વધારે હોય ત્યારે ગાગર તરે; અને ગાગરનું તોલ વધે તેમ તેમ વધારે વધારે ડૂબતી જાય. બે જોર એટલે દબાણ કરવાનું અને ઉચકવાનું સરખાં હોય ત્યારે ગાગર ઉંચે એ ન જાય અને ડૂબે એ નહિ. એટલે ત્યાંને ત્યાં તર્યા કરે.

પદાર્થ જ્યારે પાણીમાં તરે છે ત્યારે નીચેના પાણીએ એને ઉચકી રાખ્યો હોય છે; અને તરનાર પદાર્થનો જેટલો ભાગ પાણીમાં ડૂબ્યો હોય છે તેટલું પાણી તે જ જગાએથી ખસી ગયું હોય છે. આમ બને છે ત્યારે ખસી ગએલા પાણીનું વજન પદાર્થના વજન જેટલું જ થવું જોઇએ. કારણ નીચેના પાણીનું ઉપરની તરફનું દબાણ જેટલું તરતા પદાર્થ ઉપર હોય છે તેટલું જ પહેલાં એ જગાએ જે પાણી હતું તેના ઉપર પણ હતું. બન્ને વખત—એટલે પાણી હતું ત્યારે અને બીજો પદાર્થ તરતો હોય ત્યારે—નીચેના પાણી ઉપર, ઉપરના પાણીનું નીચલી તરફનું

દબાણ અને ઉપરના પાણી પર નીચલા પાણીનું ઉપરની તરફનું દબાણ (એટલે ઉચકવાની શક્તિ) સરખું જ હોય છે. ટુંકામાં બન્ને ઉપરના ભારથી સમતોલન એટલે ડૂબે નહિ અને ઉપર પણ ન આવી જાય એવું બન્યું હતું.

હવે આ જ મોટા વાસણમાં હું પથરો નાખું છું. જુઓ એ તરતો નથી. આ ચાલ્યો ! તળીએ જઈને બેઠો ! વાસણના પાણીએ એ બિચારાને કેમ ઉચક્યો નહિ વારૂ ? આ પ્રશ્નનો જવાબ હું પથરાને જ પુછું ! હસો નહિ ! હું ખરૂં કહું છું ! તમને પથરો જ પોતે ડૂબ્યાનું કારણ કહેશે ! આવો, આમ આવો ! મહેતાજીની સોય લેવા ગયા હતા તેમ બધા નહિ ! માત્ર દામોદર આવે. ઠીક, તમે પથરાને બિચારાને બહાર કાઢો ! કાઢયો ? ઘણું પુણ્યનું કામ કર્યું ! જીવદયાપ્રતિપાળક ખરેકની ? ! વારૂ, એ પથરાને તમારા એક હાથમાં ઉચકો, હવે પથરાને પાણીમાં ડૂબાવીને ઉચકો. કેમ કાંઈ ફેર જણાયો ? હેં, શું કહો છો ? હલકો લાગે છે ? બરાબર. હલકો કેમ લાગે છે ? પાણીની અંદર રાખીને ઉચક્યો માટે પાણીની બીજા પદાર્થ ઉચકવાની શક્તિ તમારી મદદે આવી. તેણે કેટલોક ભાગ પોતે ઉચકી લીધો, પણ એ ઉચકવાનું જોર પથરાના ભાર કરતાં ઓછું હોવાથી એનું વજન ઘટયું. માત્ર એ તર્યો નહિ. પથરો જ્યારે પાણીમાં ગયો ત્યારે એના આકાર જેટલું પાણી ખશી ગયું. આ ખશી ગએલા પાણીના વજન જેટલા જ બળથી નીચેનું પાણી પથરાને ઉચકે. કારણ પથરાની જગાએ જે પાણી હતું તે પાણીને નીચેનું પાણી એના વજન જેટલા ઉપરની તરફના દબાણથી ઉચકતું હતું. અને એથી જ એનું સમતોલન થઇ પાણી ત્યાં સ્થિર રહ્યું હતું. હમણાં થયું એટલું જ કે પાણી ગયું અને એની જગાએ પથરો આવ્યો. આ બે પ્રયોગોથી આપણે જે જે વાત જાણી તે ફરી કહી જાઉં. લક્ષ રાખો.

પદાર્થ તરવા સમ્બન્ધી નિયમો:—

૧ પદાર્થના આકાર જેટલા પાણીનું વજન, જો પદાર્થના વજન

કરતાં વધારે હોય તો તે પદાર્થ પાણીમાં તરે અને એના વજન જેટલું પાણી આજુબાજુ ખસી જાય.

૨ પદાર્થના આકાર જેટલા પાણીનું વજન પદાર્થના વજન કરતાં જો કમી હોય તો પદાર્થ પાણીમાં બૂડે છે, અને તેના આકાર જેટલું પાણી બાજુ પર ખસી જાય છે. આ ખસી ગએલા પાણીનું (પદાર્થના આકાર જેટલા પાણીનું) વજન જેટલું હોય, તેટલું પેલા ડૂબેલા પદાર્થનું વજન ઓછું થાય છે. દાખલા તરીકે ધારો કે પથરાનું વજન પાંચશેર હોય અને પથરાના આકાર જેટલા પાણીનું વજન ત્રણ શેર હોય તો પથરાનું વજન ત્રણ શેર કમી થઇ તે માત્ર બશેર હોય એમ લાગે. બાકીનો ભાર પાણીની ઉચકવાની શક્તિને યેાગે ઓછો લાગે.

૩ જો પદાર્થના આકાર જેટલા પાણીનું વજન પદાર્થના વજન જેટલું જ હોય તો પદાર્થ પાણીપર તરેએ નહિ અને પાણીમાં ડુબેએ નહિ. આવો પદાર્થ પાણીમાં ગમે તેટલી ઉંડાઇએ રહી શકે.

બીજા પ્રવાહીઓની ઉચકવાની શક્તિ:—બીજા પદાર્થોને ઉચકવાની શક્તિ જેમ પાણીમાં છે તેમ બીજા પ્રવાહીઓમાં પણ છે. પણ આ શક્તિ દરેક પ્રવાહીમાં સરખી નથી. તે પ્રવાહીઓની જાડાઈ —ઘટત્વના પ્રમાણમાં વત્તી–ઓછી હોય છે. આપણે એક સોનાનો ગોળો લઈ તેને તેલ, મધ અને પારો, એમાં અનુક્રમે નાંખીએ તો તે ગોળાના આકાર જેટલું તેલ, મધ અગર પારો ખશી જશે. હવે ખસી ગએલા તેલનું વજન ખસી ગએલા મધના વજન કરતાં ઓછું થશે; તેથી તેલની બીજે પદાર્થ ઉચકવાની શક્તિ પણ ઓછી. પણ તેટલા જ મધ કરતાં તેટલા જ પારાનું વજન ઘણું જ વધારે. પારો ઘણો ભારે માટે એની બીજા પદાર્થ ઉચકવાની શક્તિ પણ વધારે. જો તમે એક ત્રાંબાનો પૈસો લઇને તેને તેલમાં નાંખો તો તે તરત ડૂબે. તેલ કરતાં પાણીની જાડાઇ વધારે અને મધની એથીએ વધારે માટે એમાં ધીરે ધીરે ડૂબે. પણ પારાની ઘણી જ વધારે. સબબ પૈસો પારામાં ડૂબે નહિ પણ તેના ઉપર તરે! આ પ્રમાણે ઉપર કહેલા ત્રણે નિયમો બધા પ્રવાહી પદાર્થોને લાગુ પડે છે.

લોઢાનો એક કકડો લઈ પાણીમાં નાંખતાં ડૂબે છે કેમકે લોઢું સરખા કદમાં પાણી કરતાં ભારે છે. પણ એ જ કડકો પારામાં તરશે કેમકે લોઢું સરખા કદમાં પારા કરતાં હલકું છે.

પદાર્થનું વિશિષ્ટગુરૂત્વ અને તે ખોળવાની રીતઃ— એક પવાલું ભરીને પાણી લઈએ અને એવડું જ પવાલું ભરીને મધ લઇએ અને બન્નેને જોખીએ તો પાણી કરતાં મધ સુમારે દોઢગણું ભારે થશે. અર્થાત્ પાણી કરતાં મધ સરખા કદમાં સુમારે દોઢગણું વધારે છે. એ જ પવાલું ભરીને લીધેલા પારાનું વજન સુમારે તેવાં સાડાતેર પવાલામાં ભરેલા પાણીના વજન જેટલું થશે. આ પ્રમાણે બધા પ્રવાહીઓની જાડાઇ—ગુરૂત્વ કઢાય. પરન્તુ એક પથરો આપીને કોઈ કહેશે કે આનું ગુરૂત્વ કાઢો તો શું કરીએ ? પ્રવાહીની પેઠે પથરો કાંઇ પવાલામાં ભરાય નહિ. પવાલું ભરીને પથરો લ્યો એમ કહું તો તમને ગુરૂના મગજમાં વ્યાધિ થયો હશે કે શું એમ ન લાગે ? !

હમણાં આપણે કરેલા પ્રયોગ ઉપરથી આપણને જણાયું છે કે જો પથરાને પાણીમાં ડૂબાડીએ તો પથરાના આકાર જેટલું પાણી આજુબાજુ ખસી જાય છે. અને તે ખસી ગએલા પાણીના જેટલું તે પથરાનું વજન ઘટ્યું જણાય છે. પથરાનું જેટલું વજન ઘટે છે તેટલું તે ખસી ગએલા પાણીનું વજન હોય છે એમ થયું, આ ઉપરથી પથરો—તેમજ કોઇ પણ બીજો પદાર્થ—પાણી કરતાં કેટલા ગણી જાડાઇવાળો છે તે જાણવું હોય તો સહેલાઇથી જણાય. પદાર્થને તોળીએ અને પછી એને પાણીમાં ડૂબાવીને તોળીએ, અને વજનમાં જેટલી ઘટ પડે તે વડે તે વજનને ભાગીએ અને જે આવે તેટલા ગણી તે પદાર્થની જાડાઇ. પાણીની જોડે સરખાવીને પદાર્થનું જે ઘટત્વ—જાડાઇ—ખોળી કઢાય છે તેને "વિશિષ્ટગુરૂત્વ" એવું નામ આપ્યું છે. કોઇપણ પદાર્થનું વિશિષ્ટગુરૂત્વ સરખા કદમાં એનું પાણી કરતાં કમી જાસ્તી ગુરૂત્વ હોય તે. સોનાનું વિશિષ્ટગુરૂત્વ સવા ઓગણીસ છે, એનો અર્થ એટલો જ કે સોનાના કદ જેટલું પાણી લઇએ તો તે પાણીના વજન કરતાં સોનાનું વજન સવા ઓગણીસ ગણું વધારે થાય. સવા ઓગણીસ તોલા સોનાને જો

પાણીમાં ડૂબાવીને જોખીએ તો તેનું વજન એક તોલો ઘટે એટલે સ
અઢાર તોલા થાય.

પદાર્થનું વિશિષ્ટગુરૂત્વ ખોળી કાઢવાની યુક્તિ સુમારે બે હજ
વર્ષ ઉપર યુનાન દેશના આર્કિમિડીસ નામના વિદ્વાનને માલમ પડી હત

આર્કિમિડીસે પદાર્થનું વિશિષ્ટગુરૂત્વ શોધી કાઢવા કરેલી યુક્તિ:—યુનાન એટલે ગ્રીસ દેશમાં સુમારે બે હજાર વર્ષ પૂ
હાઇરો નામે રાજા હતો. તેના દરબારમાં ઘણા વિદ્વાનોને આશ્રય મળ
હતો. એક વખત રાજાએ પોતાને સારૂ સોનાનો સુંદર મુકુટ કરાવ્યો. કાં
કારણપરથી રાજાને શક ગયો કે સોનીએ ચોરી કરીને સોનામાં ભેગ કર્યો
પણ મુકુટ ભાગ્યા શિવાય એ વાતનો નિશ્ચય શી રીતે કરાય,
ફીકરમાં રાજા હતો તેવામાં એને યાદ આવ્યું કે આર્કિમિડીસને પુ
પછી તેને બોલાવીને બધી વાત કરી. આર્કિમિડીસે બહુ વિચાર ક
પણ કાંઈ ગેડ બેઠી નહિ. એક દિવસ તે પંડિત નહાવા માટે ન
થઇને પાણીથી છલોછલ ભરેલા નહાવાના વાસણમાં બેઠા. બેસતાં બેસ
જાણે એનું શરીર પાણીને ખસેડતું હોય. અને એના શરીરના આક
જેટલું પાણી વાસણની બહાર વહી ગયું હોય એવો ખ્યાલ એકાએક એ
આવ્યો. આ બે વાતનો ખ્યાલ થતાં જ સોનીની લુચ્ચાઇ પકડી કાઢવાન
રીત એને સુઝી એ વખત એને એટલો હરખ થયો કે ભાન ભૂલી જઇ
"મને જડયું" "મને જડયું" કહેતો કહેતો કપડાં વગર નહાવાની ઓરડીમાંથ
બહાર આવ્યો! પછી એણે ચોખ્ખા સોનાનો કડકો લઇને એ પાણ
કરતાં કેટલો ભારે છે–એનું 'વિશિષ્ટગુરૂત્વ' કેટલું છે તે નક્કી કર્યું. એ
કલ્પના કરી કે જો રાજાનો મુકુટ ચોખ્ખા સોનાનો હોય તો તેને પાણીન
અંદર નાખવાથી વજન ઓછો થાય, એ પ્રમાણે જોખી જોતાં એ
વિશિષ્ટગુરૂત્વ સવાઓગણીસ ન થતાં કમી થયું. આ ઉપરથી એ
નક્કી કર્યું કે મુકટમાં સોના કરતાં હલકી ધાતુનો ભેગ કર્યો છે. સોનીન
લુચ્ચાઇ પકડાઇ. એણે ગુન્હો કબૂલ કર્યો અને રાજાએ આર્કિમિડીસ
ખૂબ નવાજ્યો.

કેશાકર્ષણ:—પ્રવાહી પદાર્થની હવે એકાદ વાત વધારે કહીશું. આપણે કરી ગયેલા પ્રયોગોથી જાણ્યું છે કે પ્રવાહી પદાર્થ સરખી સપાટી કરે છે. જુદા જુદા આકારની નળીઓવાળા પ્રયોગમાં જોયું કે સઘળી નળીઓમાં પાણી સરખું ઉંચું ચઢયું હતું. પરન્તુ જો એ નળીઓમાં એકાદિ નળી બહુજ ઝીણા વેહવાળી હોત તો એ નળીમાં પાણી બીજી નળીઓના પાણીની સપાટી કરતાં ઘણું ઉંચુ ચઢત. જે શકિતને લઇને આમ બને છે, તેને કેશાકર્ષણ કહે છે. કેશાકર્ષણ શક્તિ આ પ્રમાણે 'પાણી સરખી સપાટી કરે છે' એ નિયમના અપવાદરૂપ જ છે.

એક ધોએલા ધોતીઆની ઘડી વાળી તેને પાણીના વાસણ પાસે એવી રીતે મૂકવીએ કે એનો એકાદ છેડો વાસણમાંના પાણીને અડે. આમ કર્યું કે પાણી ધીરે ધીરે પોતાની સપાટીથી ધોતીઆ ઉપર ચઢવા માંડશે, અને બધું ધોતીયું લદબદ કરી મૂકશે. આમ કેશાકર્ષણને લીધે થાય છે. જો ધોતીયું પહેલાં તેલમાં બોળીને ચીકણું કરી મૂકયું હોત તો પાણી ચઢત નહિ. કેમકે ચીકાશવાળા પદાર્થને પાણી પલાળી શકતું નથી. પણ એજ તેલવાળા ધોતીઆનો છેડો જો તેલમાં પડયો હોત તો તેલ પાણીની પેઠે પોતાની સપાટી કરતાં ઉંચે ચઢશે. આપણા દીવામાં દીવેટને રસ્તે તેલ જ્યોતિ સુધી આ આકર્ષણને લીધે જ ચઢે છે અને બળે છે.

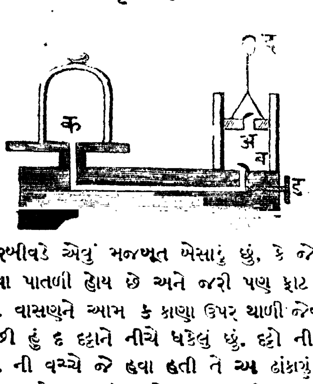
વાયુરૂપ પદાર્થના ધર્મ.

વાયુરૂપ પદાર્થના રજકણનું પ્રવિસરણ:—સઘળા વાયુરૂપી પદાર્થનાં રજકણોમાં એક બીજાથી દૂર જવાની ખાસીઅત હોય છે. આ ધર્મને લીધે એ રૂપમાં પદાર્થનાં રજકણો, ઘન પદાર્થનાં રજકણોની પેઠે ઘટ્ટ અને એકઠાં, તેમજ પ્રવાહી પદાર્થનાં રજકણોની પેઠે એક બીજાની આસપાસ ગુંલાટીઆં ખાય એવાં હોય છે છતાં, એકઠાં ન રહેતાં એક બીજાથી દૂર દૂર જતાં જેટલી જગા મળે તેમાં ફેલાય છે.

વાયુશોષક યન્ત્ર:—આ યન્ત્રની મદદ વડે વાસણમાંથી જોઇએ

તેટલો વાયુ બહાર કાઢી નંખાય છે. એક ધાતુની નળીમાં બંધ બેસતો છતાં ઉંચો નીચે થઈ શકે એવો દાંડીવાળો (દ) દટ્ટો છે, દટ્ટામાં (અ) એક ઉપરની તરફ જ ઉઘડી શકે એવું રેશમનું ઢાકણું હોય છે. એના જ જેવું ઉપરની તરફ જ ઉઘડી શકે એવું બીજું ઢાકણું (બ) હોય છે. ક થી તે બ સુધી એક ઝીણી નળી વડે એનો સમ્બન્ધ હોય છે. આ યન્ત્રને વાયુશોષક યન્ત્ર કહે છે. વાયુશોષકયન્ત્ર જુદી જુદી તરેહનાં, જુદા જુદા ઘાટનાં અને વધારે સુગમતાંવાળાં બનાવાય છે. સાધારણ પ્રયોગ કરવામાં ટેટનું બનાવેલું યન્ત્ર બહુ સારૂં ઉપયોગી છે.

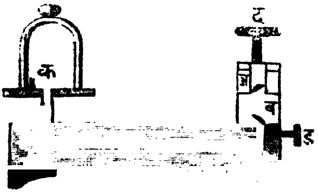
આકૃતિ ૧૨.



હવે આ યન્ત્રવડે હવા શી રીતે નિકળી જાય છે અને એ યન્ત્ર શી રીતે વપરાય છે તે હું તમને કહું. ધારો કે આપણે ક આગળના કાચના વાસણમાંથી હવા કાઢી નાંખવી છે. એ કાચનું વાસણ ક આગાડી ક કાણા ઉપર મીણ અગર ચરબીવડે એવું મજબૂત બેસાડું છું, કે જેમાંથી હવા જઇ શકે નહિ. હવા પાતળી હોય છે અને જરી પણ ફાટ હોય તો તેમાંથી જઇ શકે છે. વાસણને આમ ક કાણા ઉપર થાળી જેવા ભાગમાં મજબૂત ચોંટાડયા પછી હું દ દટ્ટાને નીચે ધકેલું છું. દટ્ટો નીચો આવ્યો એટલે અ અને બ ની વચ્ચે જે હવા હતી તે અ ઢાંકણું ઉઘડવાથી બહાર નિકળી ગઇ. હવે હું દટ્ટાને ઉંચો કરૂં છું. તે વખત અ ઢાંકણું ઉપરની હવાના દબાણથી સજ્જડ બંધ થઈ ગયું. એ ઢાંકણું માત્ર ઉપરની એક જ બાજુપર ઉઘડે છે એ તમને કહ્યું છે. આથી બહારની હવા અંદર આવી શકતી નથી. હવે અ અને બ ની વચલી જગા હવા ઉપર નિકળી જઈ ખાલી થઈ તેથી ક કાણા ઉપર ચોઢેલા વાસણમાંની હવા એ જગાએ પસરવા

આવી. એ હવાના જોરથી બ આગળનું ઢાંકણું ઉપરની તરફ ઉઘડયું અને હવા બ અને અ ના વચગાળામાં ભરાઈ ગઈ. હવે જુઓ, હું આ ડટ્ટો બીજી વાર પાછો નીચો દબાવું છું તો શું થાય છે? પહેલાં થયું તેમ જ. નળીમાંની હવા પાછી વાસણમાં તો જઇ શકે નહિ કેમકે બ ઢાંકણું માત્ર ઉપરની તરફ જ ઉઘડે છે. એ તો એ હવાના દબાણથી ઉલટું બંધ થઈ જાય. ત્યારે દબાયલી હવા ક્યાં જાય? માત્ર અ આગળના ઉપરની તરફના ઢાંકણાને ધકેલી બહાર નિકળી જાય. આ પ્રમાણે દરેક વખત ક આગળના વાસણમાંથી હવા નળીમાં આવે છે અને અ ઢાંકણે થઇને બહાર નિકળી જાય છે. દરેક વખતે વાસણમાં બાકી રહેલી હવા પોતાના પ્રવિસરણને લીધે બધા વાસણમાં ફેલાય છે. આ પ્રમાણે તેમાંથી બધી હવા નિકળી જાય છે.

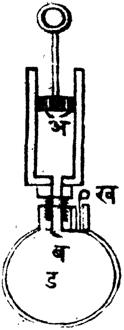
આકૃતિ ૧૩.



ખરૂં જોતાં બધી હવા નિકળી જતી નથી. પણ અંદર રહેલી હવા એટલી તો પાતળી થએલી અને થોડી હોય છે કે તદ્દન નિકળી ગઇ કહીએ તો ચાલે. ક કાણામાં માદા સ્ક્રૂના આંટા પાડેલા હોય છે. કેમકે વખતે ઉપર મૂકાય નહિ એવા વાસણમાંથી હવા કાઢવી હોય તો અથવા તો હવા કાઢી નાંખીને એ ખાલી વાસણને દૂર લઇ જવું હોય તો તેવે વખતે ખપ લાગે. હવા કાઢી નાંખવી હોય તે વાસણને એક તોટી બહાર નિકળેલી અને સ્ક્રૂના આંટાવાળી હોય છે એ ક કાણામાં બેસાડાય છે. હવા કાઢી નાંખ્યા પછી એ તોટીમાં પાણી ભરવાના બંબાની ચકલી જેવી ચકલી હોય છે તે બંધ કરે છે. પછી પેલા વાસણના સ્ક્રૂ ફેરવી ક માંથી કાઢી લે છે. ચકલી બંધ કરેલી હોય છે એટલે બહારની હવા તેમાં જઇ શકતી નથી.

વાયુ-પૂરક યન્ત્ર:—જેમ વાસણમાંથી હવાને કાઢી નાંખવી

પડે છે તેમ કોઇ વખત કોઈ વાસણમાં હવા વધારે પૂરવીએ પડે છે. એ કામ માટે જે યન્ત્ર હોય છે તેને વાયુ–પૂરકયન્ત્ર કહે છે. વાયુ શેાષક અને વાયુ–પૂરક યન્ત્રની બનાવટ સરખી છતાં માત્ર ઢાંકણા ઉઘડવાની ગોઠવણ જ જુદી હોય છે. આ યન્ત્રનાં ઢાંકણા બહાર ન ઉઘડતાં માત્ર અંદરની તરફ જ ઉઘડે છે. એમ હોવાથી દટ્ટાને દરેક ધક્કે બહારની હવા અંદર જાય છે અને દબાણથી વાસણમાં જ પેસી શકે છે. આ આકૃતિથી એ વાત સહેલાઇથી સમજાશે.



આકૃતિ ૧૪.

વાયુનું વજન:— વાયુશેાષક અને વાયુ–પૂરક એ બે યન્ત્રનાં વર્ણન કર્યાં તે ઉપરથી તમારા સમજવામાં આવ્યું જ હશે કે પહેલાવડે અમુક વાસણમાંથી વાયુ કાઢી નંખાય છે અને બીજાથી અમુક વાસણમાં વધારે વાયુ ભરાય છે. ફુટબોલમા હવા ભરવાને તેમ જ બાઇસિકલની રબ્બરની પોલી વાટોમાં હવા ભરવાને માટે વાપરીએ છીએ એ પિચકારી તે વાયુ–પૂરક યન્ત્ર છે.

એક વાસણનું મેાં ઉઘાડું મૂકીને તેનું વજન કરવું. પછી વાયુશેાષક યન્ત્રવડે એમાંથી વાયુ કાઢી નાંખી, ચકલી બંધ કરીને તેનું વજન કરવું તેા તેના વજનમાં ઘટાડેા થએલેા જણાશે.

કોઇ વાસણમાં વાયુ–પૂરક યન્ત્રવડે હવા ખૂબ પૂર્યાં પહેલાં અને પછીથી તેનું વજન કરશેા તેા તેમાં વધારેા થએલેા જણાશે. હવામાં વજન છે એ સાબિત કરી બતાવાશે.

આકૃતિ ૧૫.



બીજા વાયુરૂપ પદાર્થનું વજન:— આપણી આજુબાજુ જે વાતાવરણ છે તે જુદી જુદી જાતના બે વાયુના એકઠા થવાથી બનેલું છે. એ વાયુઓને ઓક્સિજન અને નૈટ્રોજન કહે છે. આપણે જે પાણી પીએ છીએ તે

બે વાયુરૂપી પદાર્થના રસાયનિક સંયોગથી બનેલું છે. એ બે પદાર્થ તે ઓક્સિજન અને હૈડ્રોજન છે. વળી જૂનાં પડતર ટાંકાં, કુવા અથવા ભોંયરાંમાં એક જાતનો વાયુરૂપી પદાર્થ બની એકઠો થાય છે એનું નામ કાર્બોનિક એસિડગેસ કહેવાય છે. લાકડાં કે કોયલા બાળીએ છીએ ત્યારે અગર દીવો સળગાવીએ છીએ ત્યારે પણ આ જ વાયુ પેદા થાય છે. આપણા ઉચ્છવાસમાં એ વાયુ હોય છે. તમે જ્યારે રસાયન શાસ્ત્ર શિખશો ત્યારે બીજા ઘણાએ વાયુરૂપ પદાર્થ વિષે જાણશો. તમારે માટે લખાયલા સરળ રસાયનશાસ્ત્રમાં આ અહીં કહ્યા તે ઉપરાંત ઘણાએ વાયુરૂપ પદાર્થની હકીકત કહી છે. સઘળા વાયુરૂપ પદાર્થને વજન હોય છે. વાતાવરણ કરતાં હૈડ્રોજન ઘણો જ હલકો છે; નૈટ્રોજન થોડો હલકો છે; ઓક્સિજન લગીર ભારે છે; અને કાર્બોનિક એસિડગેસ તો વધારે ભારે છે.

આપણી ભાષામાં આ વાયુરૂપ પદાર્થોનાં ખાસ નામ ન હોવાથી હું તેમનાં ઇંગ્રેજી નામ જ વાપરું છું. પ્રશ્ન એ છે કે એમને માટે નવાં અટપટાં નામ પાડવાં કે આ જ નામો ચલાવી લેવાં. આ જ નામો વપરાશને લઈને આપણી ભાષાના હોય એવા જ થઇ જાય અને એથી પણ ભાષામાં એટલા શબ્દો ઉમેરાય. માટે મને તો એમને ગુજરાતી બનાવી લેવું ઇષ્ટ લાગે છે. બીજી ભાષાઓના ઘણાએ શબ્દોને આપણે ક્યાં પોતાના કરી લીધા નથી ?

સઘળા વાયુરૂપ પદાર્થમાં પ્રવિસરણ ગુણ હોવાથી એમનાં રજકણો એક બીજાથી દૂર જવાનો પ્રયત્ન કરે છે અને તેથી ગમે તેવડા વાસણમાં તેમને ભરીએ તો ફેલાઇ ફેલાઇને પાતળા થઈ જઇ તે વાસણમાં બધે ભરાઇ જાય છે. તમે બીશો નહિ હોં! આપણા વાતાવરણનાં રજકણો એમ એકબીજાથી દૂર જઈ આપણે હવા–વાતાવરણ–વગર મરી નહિ જઇએ! જો કે વાતાવરણનાં રજકણોમાં એ ગુણ છે છતાં તેમના ઉપર પૃથ્વીના ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ પણ છે જ. આથી જ વાતાવરણમાં ભાર છે અને તે ચોતરફ પૃથ્વીને ચોંટીને વિટલાયલું છે. તે પ્રસરીને જતું નહિ રહે! આપણે જાણીએ છીએ કે મહાસાગરમાં માછલાં વગેરે

જળચર પ્રાણિયો જેમ રહે છે તેમ આપણે પણ હવાના મહાસાગર–વાતાવરણ–ને તળીએ રહીએ છીએ.

વાતાવરણનું દબાણ:—વાતાવરણમાં ભાર છે તેથી તેનું દબાણ નીચેના બધા પદાર્થને લાગે એ ખુલ્લું જ છે. ઘન પદાર્થમાં એનાં રજકણો વધારે સમ્બન્ધાકર્ષણને લઇને આજુબાજુ ખસી શકતાં નથી તેથી તેનું દબાણ માત્ર તેની નીચેના પદાર્થ ઉપર થાય છે. પરન્તુ પ્રવાહી પદાર્થનાં રજકણો ગમે તે બાજુ જઇ શકે એવાં છે, એટલે તેમના ઉપરના ભારને લીધે તેમનું દબાણ ચોતરફ થાય તેમાં શી નવાઇ ?

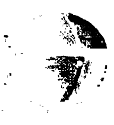
સંકોચ્યપ્રવાહી:—વાયુરૂપી પદાર્થને જેટલા દબાવીએ તેટલા દબાય છે. જેટલા જોરથી આપણે એને દબાવીએ તેટલા જ જોરથી એ તેની પોતાની અંદર રહેલા બીજા પદાર્થને સઘળી દિશાએથી દબાવે. આથી જ વાયુરૂપ પદાર્થોને સંકોચ્યપ્રવાહી કહે છે. પૃથ્વીની આજુબાજુ જે વાતાવરણ છે તેનાં નીચેનાં પડો ઉપર, ઉપરનાં પડોનો ભાર પડે છે. એ દબાણને લીધે નીચેનાં પડો વધારે દબાયલાં હોય છે. જેમ જેમ ઉંચે જતા જઇએ તેમ તેમ પડો ઉપર, ઉપરનાં પડોનો ભાર કમી થવાથી દબાણ ઓછું થાય છે અને તેથી તે પડો પણ બીજા ઉપર દબાણ ઓછું કરે છે, અને પાતળાં થતાં જાય છે.

આ એક વગર સાંધાની રબ્બરની થેલી છે. હું તેને વાયુશોષકયન્ત્રની ઉપર મૂકી તેના ઉપર કાચની હાંડી ઉંધી પાડું છું અને હાંડીની કોરાણો મીણથી વાયુ પ્રવેશ ન કરે એમ યન્ત્રપર ચોંટાડી દઉં છું. હવે જુઓ હું થોડી હવા વાસણમાંથી શોષી લઉં છું. જોયું ! જેમ જેમ હવા વાસણમાંથી જાય છે તેમ તેમ રબ્બરની થેલી જે પહેલાં ફુલેલી નહોતી તે વધારે ને વધારે ફુલે છે. કેમ ? જ્યાંસુધી વાસણમાં વાયુ હતો ત્યાંસુધી થેલી પર તેનું દબાણ હતું. જેમ જેમ વાયુ ઓછો થતો ગયો તેમ તેમ અંદરનું દબાણ પણ ઓછું થતું ગયું અને થેલીની અંદરનો વાયુ પોતાના પ્રવિસરણને લીધે વધારે ને વધારે ફેલાવા લાગ્યો અને તેથી થેલી ફુલી.

હવે વાયુશોષક યન્ત્રની વાયુને પેસવા દેવાની ચકલી ફેરવી હું

તેમાં વાયુને આવવા દઉં છું તો જોયું ! થેલી સંકોચાઈ નાની થવા માંડી અને આખરે પોતાના મૂળરૂપે થઇ ! છેક ચપટી બની ગઇ !

આ થેલીમા સંબંધમાં બન્યું તેમ સઘળા પદાર્થપર વાતાવરણનું દબાણ થાય છે. આપણે વાતાવરણને દેખી શકતા નથી અને આપણને તેનું દબાણ પણ લાગતું નથી. ત્યારે દબાણ છે એમ કેમ મનાય ? જુઓ, એક પ્રયોગ કરીને બતાવું. વાયુશોષક યન્ત્ર ઉપર એક કાચનું નળાના જેવું બે તરફ ખુલ્લું વાસણ ચોડું છું. ઉપરના મોં તરફ એક રબ્બરનો કડકો બાંધી દઉં છું. હમણાં રબ્બર કેવું સપાટ બંધાયું છે ? હવે હું ધીરે ધીરે વાસણની અંદરના વાયુને શોષી લઉં છું. જેમ જેમ વાયુ ઓછો થાય તેમ તેમ રબ્બર નીચલી તરફ ફુલતું જાય છે. જો હું વધારે વાયુ લઈ લઉં તો વખતે રબ્બર ફાટી એ જાય ! હવે એ જ નળા ઉપર તમારો હાથ રાખો. જો જો, હવા આવવા ન દેવી ! હવે હું વાયુ શોષવા માંડું છું. કેમ ? શું. ભાર લાગે છે ? હવે તમારો હાથ ઉપાડો. હા, ખરી વાત એ બધો ભાર વાતાવરણનો છે. આ બે છૂટાં છૂટાં લોઢાનાં અર્ધગોળ વાસણો છે. એને મેગ્ડિબર્ગના અર્ધગોળ કહે છે. એને એકઠા કરીને એક પોલો ગોળો કરીએ તો તમારાથી સહેલથી દેવાય છે અને ઉઘડાય છે. પણ એ જ ગોળાને વાયુશોષક યન્ત્ર પર મૂકી તેમાંથી હવા કાઢી લઉં તો તમારાથી ઉખેડાય છે ? કેમ, જોર કરોને ! વાતાવરણના બાહ્ય દબાણથી એ અર્ધગોળા સજ્જડ થઇ ગયા છે.



આકૃતિ ૧૬. વાતાવરણનું દબાણ સમતુલ્યતાને લીધે આપણને લાગતું નથી:—હમણાં કર્યો તે પ્રયોગથી આપણે જોયું કે જ્યારે આપણે આપણા હાથ નીચેથી હવા કાઢી નાંખી ત્યારે ઉપરની હવાનો ભાર આપણા હાથને લાગ્યો. પણ ત્યાંસુધી જણાતો નહોતો. તેનું કારણ એ કે હવાનું દબાણ ઉપર અને નીચે બે તરફ થઇને વજનની સમતુલ્યતા થઈ હતી. એક ચોરસ ઇંચ જેટલી જગા ઉપર વાતાવરણનું દબાણ લગભગ પંદર શેર પડે છે.

સાધારણ કદના માણસના શરીરની સપાટી સુમારે સોળ ચોરસ ફીટ જેટલી છે. એ હિસાબે માણસના શરીર પર લગભગ ૩૪૦૦૦ પૈાંડનું દબાણ પડે છે ! આપણી આજુબાજુ સઘળી દિશામાં વાતાવરણ છે, તેમજ આપણા શરીરમાં પણ વાયુ છે તેથી ચારે તરફથી સરખેા ભાર આવીને સમતુલ્યતા થાય છે. અને તેથી જ આપણને ભાર લાગતેા નથી. જો એમ નહેાત તેા આપણે પણ પેલી રબ્બરની થેલીની પેઠે દબાઇનેચપટા થઇ ગયા હેાત !

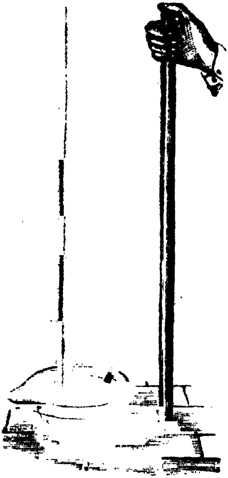
હજામેા અથવા વાઘરીઓ રૂમડી મૂકે છે તે તમે દીઠી છે ? કેટલાક એને શિંગડી પણ કહે છે. પેટમાં દુખે કે એવું થાય ત્યારે ડાકતરેા પણ એવી જ ક્રિયા કરે છે. રૂમડી મૂકનાર રૂમડીને–શિંગડીને પેટપર મૂકી પછી તેમાંથી હવા ચૂસી લે છે. ખૂબ ચૂસ્યા પછી તેનું કાણું બંધ કરી દે છે. ડાક્તરેા કાચનેા પ્યાલેા વાપરે છે. પ્યાલામાં મઘાર્ક ચેાપડી તેને સળગાવીને ઉંધેા કરી શરીરપર ચેાઢી દે છે. મઘાર્કને બદલે તમારે કરી જોવું હેાય તેા કેાલનવેાટર નામનું સુગંધી પ્રવાહી આવે છે તે પ્યાલામાં ચેાપડશેા તેા એ સળગશે અને ચાલશે. જો જો, ચેાપડતાં એ પ્રવાહી રેલેા થઇને શરીરપર ન આવે એટલી કાળજી રાખવાની છે, નિકર દાઝી મરશેા. હવે જ્યારે રૂમડી કે શિંગડીમાંથી હવા ચૂસાઇ જાય છે ત્યારે, તેમ જ પ્યાલામાંનેા ચેાપડેલેા મઘાર્ક કે કેાલનવેાટર બળી રહે છે ત્યારે ત્યાં નિર્વાત પ્રદેશ બનવાથી શરીરની ચામડીનેા થેાડેા ભાગ ઉપસીને રૂમડી કે પ્યાલામાં આવે છે. શરીરની અંદરના વાયુનું દબાણ કાયમ રહ્યું અને ઉપરનું નિર્વાત વાસણમાં આવેલી જગાપરનું જતું રહ્યું માટે એમ બને છે.

બૈરાંઓ કેાઇ માંદુસાજું થાય ત્યારે નજર ઉતારે છે એ કેાણે જોઇ નથી ? કાંસાની ઉંડી વાડકીમાં મરચાં વગેરે નાંખી તેમાં ધગધગતા અંગારા નાંખે છે. વાડકામાંની હવા ધુમાડાથી અને ગરમીથી નિકળી

જઇ વાડકો લગભગ નિર્વાત બને છે. પછી તેને કાંસાની થાળીમાં ઉંધો પાડી ઉપર છાણમાટી અને પાણી રેડે છે. આથી વાડકામાં હવા જઇ શકતી નથી અને નિર્વાત થવાથી તે બાહ્ય દબાણને લીધે થાળીમાં ચોંટી જાય છે. બૈરાં કહે છે કે જોયું, કેવી સજ્જડ નજર લાગી છે ? ! સામા દરદીના માથા ઉપર લુગડાનો છેડો નાંખી નજર એને માથે ઉતારતી વખત બૈરાં " આપ દૃષ્ટ, બાપ દૃષ્ટ, મેલી, ચૂકી, ઘરની, બહારની" વગેરે બોલે છે એ તો તમને સાંભરતું હશે !

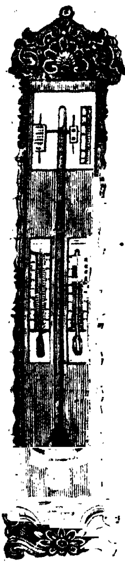
બેરોમિટર–વાતાવરણ ભાર માપક યન્ત્ર :—આ જુઓ, એક ૩૩ અથવા ૩૪ ઇંચ લાંબી, એક છેડેથી બંધ એવી એક કાચની નળી છે. હું એનું મોં ઉપલી બાજુ રાખું છું અને નળીને ઉભી રાખીને તેમાં પારો છલાછલ ભરૂં છું. પછી એના મોં ઉપર મારો અંગુઠો રાખી દબાવીને નળીને ઉંધી કરી પારો ભરેલા વાસણમાં એનું મોં ડૂબે એવી રીતે મૂકી મારો અંગુઠો ખસેડી લઉં છું. હવે જુઓ, કેવી ગમ્મત થાય છે તે. જ્યાં સુધી મારો અંગૂઠો મોંપર હતો, ત્યાં સુધી આખી નળીમાં પારો ભરેલો હતો. જેવો મેં અંગૂઠો ખસેડ્યો કે પારો સરરર કરતો નીચે ચાલ્યો. જોયું, ત્રણ ચાર ઇંચ નીચે ઉતરી ગયો. હવે હું પારાની ઉંચાઇ માપું છું. તે ઓગણત્રીસ અને ત્રીસની વચ્ચે છે. પારો નીચે કેમ ગયો ? એટલો જ નીચે કેમ ગયો ? છેક નીચે કેમ ન ઉતરી ગયો ?

આકૃતિ ૧૭.



પારાએ ખાલી કરેલી ઉપરની બાજુની જગાએ શું હશે? આવા સવાલ તમારા મનમાં થાય એ સ્વાભાવિક છે. હું તમને એના જવાબ દઉં. પારો પોતાના વજનને લીધે નીચે ઉતરે છે તે ઉઘાડું છે; અને તે પ્રમાણે જ તે નીચે ઉતરવા માંડયો. પણ જ્યારે પારો નીચે વાસણમાં ઉતરે ત્યારે વાસણમાંના પારાને એને માટે માર્ગ કરવો જ પડે. એને માટે જગા કરવાને એ પારો વાસણમાં ઉંચે જાય, કેમકે વાસણ તો કાંઈ પહોળું થાય નહિ. પણ તેને ઉંચે જતાં વાતાવરણના દબાણની સામી બાજુએ જોર કરવું પડે. આ જોરનું પ્રમાણ નળીની અંદરના પારાની ઉંચાઇપર આધાર રાખે છે. તે જેમ વધારે ઉંચાઇવાળો હશે તેમ વાસણના પારાને વધારે જોરથી ઉંચે લઇ જશે. જ્યાં સુધી નળીના પારાની શક્તિ અથવા બીજી રીતે કહીએ તો નળીના પારાનું વજન વાતાવરણના દબાણ કરતાં વધારે હોય ત્યાં સુધી વાસણના પારાને ઉંચો ચડાવે અને પોતે નીચે ઉતરે. પણ જ્યાં એનું વજન વાતાવરણના દબાણની બરાબર થયું કે એ પોતે નીચે ઉતરી શકે નહિ અને વાસણમાંના પારાને ઉંચો ચડાવીએ શકે નહિ. બેએ બળની સમતુલ્યતા થઇ કે પારો નળીમાં સ્થિર થશે. નળીની ઉપલી બાજુ પારાએ ખાલી કરેલી જગામાં કશું નથી એટલે એટલી જગા નિર્વાત છે. ગમે તે કારણથી વાતાવરણનું દબાણ વધે તો વાસણની અંદરનો પારો નળીની અંદરના પારાને દબાણ કરી તેને નળીમાં ઉંચો ચઢાવે. વાતાવરણનું દબાણ-વજન ઘટે તો એથી ઉલટું બને. આ પ્રમાણે આ યન્ત્ર વાતાવરણનું દબાણ એટલે હવાનું વજન બતાવે છે. ઇટલી દેશના રહેવાશી ટર્સેલ્લી નામના વિદ્વાને આ વાત પ્રથમ શોધી કાઢવાથી એની નામના ખાતર નળીની ઉપલી બાજુના ખાલી ભાગને "ટર્સેલ્લીનો નિર્વાત પ્રદેશ" એવું નામ આપ્યું છે.

આકૃતિ ૧૮.



વાતાવરણ ભારમાપક યન્ત્રનો ઉપયોગઃ—તેત્રીશ ચોત્રીશ ઈંચિની કાચની નળીમાં પારો ભરીને જે પ્રયોગ કરી બતાવ્યો એ સામાન્ય રીતે વાતાવરણ ભારમાપક યન્ત્રની બનાવટ સમજવા સારૂ જ. એ યન્ત્ર જુદા જુદા પ્રકારનાં હોય છે, પણ બધામાં ગોઠવણ મૂળે એક જ જાતની હોય છે. નીચેના વાસણની અંદરના પારાથી નળીનો પારો કેટલો ઉંચો છે તે જાણવાને નળીની નીચે એક પટ્ટી ચોટી હોય છે. તેના ઉપર ઇંચ, અને ઇંચના દશ દશ ભાગ પાડયા હોય છે. તેથી પારાની ઉંચાઇ જણાય છે. દરીઆના પાણીની સપાટી આગળ આ યન્ત્રમાં પારો ત્રીસ ઈંચિ ઉંચો રહે છે. બીજી રીતે બોલીએ તો દરીઆની સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ એટલું હોય છે, કે તેથી પારો ત્રીસ ઈંચિ ઉંચો રહે. જેમ જેમ દરીઆની સપાટીથી ઉંચે જતા જઇએ તેમ તેમ વાતાવરણ અને તેથી તેનો ભાર પણ ઓછો થતો જાય. આમ હોવાથી ઉંચાઇએ આ યન્ત્રનો પારો નીચે ઉતરતો જાય. એકાદા ડુંગરની તળેટીમાં ઉભા રહી પારાની ઉંચાઇ નોંધી લઈ પછી છેક તેના શિખરપર ચઢીને જોતાં પારાની ઉંચાઈ કમી થએલી જણાય એ ખુલ્લું જ છે. જો આપણે પંચાણુ ફીટ ઉંચે જઇએ તો પારો (૧/૧૦) એક દશાંશ ઈંચિ નીચે ઉતરે છે. દર પંચાણુ ફીટે એક દશાંશ ઈંચિને હિસાબે તળેટીથી શિખરપર જતાં પારો કેટલો નીચે ઉતર્યો એ જાણીએ તો આપણે કેટલા ઉંચા ચઢયા તે પણ જણાય. આમ આ યન્ત્ર પર્વતની ઉંચાઇ માપવામાં કામ આવે છે.

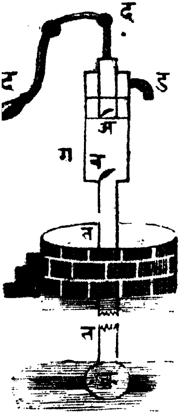
આ યન્ત્રને એકની એક જ જગાએ રાખીએ તોપણુ વખતો વખત એની અંદરના પારાની ઉંચાઈમાં ફેર પડે છે. ગરમી, વીજળી, વરસાદ ઇત્યાદિ કારણોને લીધે ખુદ વાતાવરણના વજનમાં અને તેને લીધે એના દબાણમાં વારેવારે ફેરફાર થાય છે. આવા ફેરફારને લઇને યન્ત્રના પારાની ઉંચાઇમાં પણ ફેરફાર થાય છે. ચોમાસામાં વરસાદ આવવાનો હોય ત્યારે હવામાં શોષાયલી પાણીની વરાળ છૂટી પડે છે અને તેથી વાતાવરણના વજનમાં ઘટાડો થાય છે. એમ થયું કે યન્ત્રમાં પારો પણ નીચે ઉતરે છે. વરસાદનાં ચિહ્ન જણાયા પહેલાં પણ આ યન્ત્રથી વરસાદ આવવાની અગમચેતી મળે છે.

જેમાં પારો બિલકુલ વપરાયો ન હોય, પણ નિર્વાત કરેલી ધાતુની ડાબડીને ઉચ્ચાલન લગાડી તેનો કાંટાની સાથે સંબંધ કરી ઘડીઆળના ઘાટનું પણ આ યન્ત્ર બનાવાય છે. એ ઘડીઆળની પેઠે ગજવામાં રાખી શકાય છે અને પર્વત ઉપર કે મુસાફરીમાં મોટું તેત્રીસ ચોત્રીસ ઇંચ લાંબુ યન્ત્ર ઉચકી જવાની માથાકુટ મટે છે. આવાં વાતાવરણભારમાપક યન્ત્રને ‘ એનેરોઇડ ’ બેરોમિટર કહે છે.

પાણીના બંબા:—તમે જોયું કે વાતાવરણના દબાણથી પારો સુમારે અઢી ફીટ ઉંચો રહે છે. હવે પાણી પારા કરતાં સાડાતેરગણું હલકું છે, તેથી પારાની જગાએ જો પાણીનો ઉપયોગ કરીએ તો તે વાતાવરણના દબાણને લીધે, સુમારે ત્રીસ ફીટ ઉંચું રહે.

બંબાવડે કુવામાંથી પાણી ઉપર કેવી રીતે ચઢે છે તે જોઈએ.

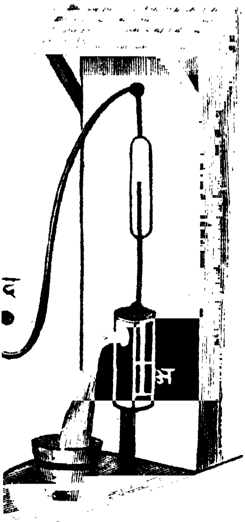
આકૃતિ ૧૯.



પાસેની આકૃતિમાં જુઓ. એ ચિત્રમાં દ દ એક દાંડો છે. એને જડેલો એક દાંડો નળીમાં મજબૂત બેસાડયો હોય છે. તેને ઉંચો નીચો કર્યાથી નળીમાંનો દાંડો ઉંચો નીચો થાય છે. દાંડામાં અ એક ઢાંકણુ છે તે માત્ર ઉપરની તરફ જ ઉઘડે છે. તે જ નળીમાં બીજું બ ઢાંકણુ છે તે પણ માત્ર ઉપરની જ બાજુ તરફ ઉઘડે છે. ગ નળીને બીજી ત નળી જોડી છે અને તેને છેડે ક જાળી છે. પાણી જોડે પાણીમાંનો કચરો કે બીજી ઝીણી વસ્તુઓને જતી અટકાવે માટે એ જાળી જડવામાં આવે છે. જાળીવાળો ભાગ પાણીની નીચે જાય એમ બંબો ગોઠવ્યો છે. હવે પાણી કેમ ઉંચે ચઢે છે તે સમજાવું. જુઓ.

દાંડો વેંત ઉંચો થાય તો નળીનો એટલો ભાગ નિર્વાત થાય. ત્યાં આવતી ત નળીમાંની હવા જોર કરે છે અને બ ઢાંકણુ ઉઘાડીને ત્યાં આવે છે. પછી જ્યારે દાંડો નીચો કરીએ ત્યારે અ ઢાંકણુ ઉઘાડીને હવા બહાર જતી રહે છે. એમ થતાં નળી અને યન્ત્રની અંદરની બધી હવા જઈને ત્યાં નિર્વાત પ્રદેશ થાય છે. જેમ જેમ નળી નિર્વાત થતી જાય તેમ તેમ વાતાવરણના દબાણથી પાણી નળીમાં ચઢતું જાય છે. છેવટે ડ રસ્તે પાણી બહાર પડે છે. આ પ્રમાણે ત્રીસ બત્રીસ ફીટની ઉંચાઇએ પાણી ચઢી શકે છે, માટે પાણી અને ડ મોઢાની વચ્ચે એનાથી ઓછું અંતર જોઇએ.

બંબાને જો ઘણા દિવસ વાપરીએ નહિ તો તેના દાંડાનો દટ્ટો કાઇને ઢીલો થાય છે તેથી તેમાંથી હવા જઈ શકે છે અને નિર્વાત દેશ થતો નથી. આમ બને ત્યારે પાણી ઉપર ન જ ચઢી શકે એ ખુલ્લું છે. એવું થાય ત્યારે દટ્ટા ઉપર પાણી નાંખવાથી તે પલળીને ફૂલે



છે. આથી એ પાછો બેસ્તો થઈ જાય છે અને પાછું પાણી ચુસે છે.

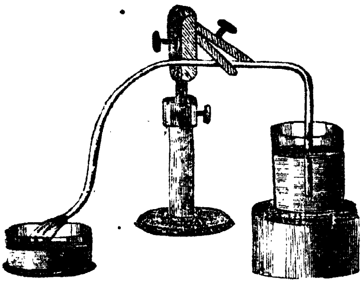
દરેક પદાર્થ ઉપર એક ચોરસ ઇંચની સપાટી ઉપર વાતાવરણનું દબાણ સુમારે પંદર પૌંડ જેટલું થાય છે. ' એક વાતાવરણનું દબાણ ' એટલે પંદર પૌંડનું દબાણ એમ કહેવાનો રિવાજ છે.

ઘન પદાર્થો સંબંધી તમે કેટલીક વાતો જાણી હવે પ્રવાહી પદાર્થોને અંગે કાંઈ કહીશું.

આ વિષય પૂરો કર્યા પહેલાં હું તમને એક યન્ત્રની રચના બતાવું

છું. ઇંગ્રેજીમાં એને સાઇફાન કહે છે, જુઓ આ ક ડ અ બ એક બાજુએ લાંબો અને એક બાજુએ ટુંકો એવા બે છેડાવાળી નળી છે. એ નળીને પાણીથી ભરીને ક વાસણમાં ટૂંકો અને બ વાસણમાં લાંબો છેડો રહે એમ મૂકીએ. બ છેડા આગળથી નળીનું પાણી પોતાના ભારથી બ વાસણમાં પડે છે અને નળીમાં

આકૃતિ ૨૧.



ખાલી જગા થાય છે. ખાલી જગા પૂરવા ક વાસણનું પાણી વાતાવરણના દબાણથી આવે છે. જેવું એ લાંબા છેડામાં આવ્યું કે પહેલાંના પાણીની પેઠે પોતાના ભારવડે બ વાસણમાં પડે છે. વળી ક વાસણમાંનું બીજું પાણી આવે છે એમ ક વાસણનું બધું પાણી ખાલી થઈ જાય ત્યાં સુધી થાય છે. કોઇપણ વાસણમાંથી ઢોળ્યા વગર બીજા વાસણમાં પ્રવાહી આમ ભરાઇ શકાય છે. કેરોસીન તેલના ડબ્બામાંથી કેરોસીન અને દારૂનાં મોટાં પીપોમાંથી દારૂ આમ સાઇફાનવડે કઢાય છે.

આપણા લોકો આ યન્ત્રના જેવાં રમકડાં બનાવે છે તે તો તમે જોયાં હશે. પાટણમાં માટીના હાથી બનાવે છે જેના પેટમાં નળીની આવી ગોઠવણ રાખી હોય છે. હાથી ઉંધો કરી એની સુંડના કાણામાં પાણી રેડવાથી આખી નળી ભરાય છે. પછી એને ચત્તો કરી સુંડનો છેડો પાણી ભરેલા પવાલામાં મૂકીએ તો પાણી ઉંચે ચડે છે અને હાથી પાણી પી જતો હોય એમ લાગે છે. પવાલામાંથી બધું પાણી સુંડે થઇને બીજે રસ્તે હાથી લઘુશંકા કરતો હોય એમ નિકળી જાય છે.

આકૃતિ ૨૨.



નાશક અને પુનામાં પ્રવાહીના આ જ ધર્મને લઇને એક પ્યાલો બનાવે છે. એને વસુદેવનો પ્યાલો કહે છે. એ પ્યાલામાં જો પાણી ભરીએ તો નિકળી જતું નથી. પણ પાણી ભરાતાં ભરાતાં ઉંચુ આવીને વસુદેવની મૂર્ત્તિ જે પાણીમાં ઉભી હોય છે તેના માથા પરના સૂપડામાંની મૂર્ત્તિના પગને અડે એટલે પાણી નીકળી જવા માંડી પ્યાલો તદ્દન ખાલી થઇ જાય છે.

મથુરાના રાજા કંસે પોતાનાં બહેન અને બનેવીને કારાગ્રહમાં પૂરી રાખ્યાં હતાં. તેમને જે છોકરાં થાય કે તેને તરત જ કંસ રાજા મારી નાંખતો હતો. પોતાના આઠમા પુત્ર કૃષ્ણને કંસ ન મારે એ હેતુથી વસુદેવજી કૃષ્ણ પરમાત્માને સૂપડામાં સુવાડી માથે લઇ અર્ધી રાત્રે ગોકુળ મૂકવા જતા હતા. રસ્તામાં યમુના નદીમાં પાણી હમહમ વહેતું જતું હતું. વસુદેવજીજેમ જેમ આગળ જાય તેમ તેમ પાણી ઉંડું ઉંડું આવે. શ્રીકૃષ્ણ પરમાત્માના ચરણારવિંદનો સ્પર્શ કરવાને યમુના આતુર હોવાથી પાણી ચઢતું હતું. પોતાના પિતા ડૂબે નહિ માટે સૂપડામાંથી પોતાનો પગ લંબાવીને કૃષ્ણ પરમાત્માએ યમુનાને અડકાડયો એટલે યમુના બે ભાગે થઈ થંભી ગયાં અને વસુદેવજી કોરી જમીનમાં થઇને જાય એમ નદીના પટમાં થઇને ગોકુળ ગયા. ભાગવતની આ કથાનો સાક્ષાત્કાર કરવા આ પ્યાલો બનાવવામાં આવે છે. એમાં પણ કૃષ્ણ પરમાત્માનો પગ અડે કે પાણી નિકળી જવા માંડી બધો પ્યાલો ખાલી થઇ જાય છે. સાઇફાનનો લાંબો છેડો વસુદેવજીના એક પગમાં હોય છે અને બીજો સહેજ ટુંકો તેની પાસેના જ પગમાં હોય છે સાઇફોનનો વાંક કૃષ્ણ પરમાત્માના લાંબા કરેલા પગની સપાટી જેટલે આવે છે. પાણી એટલું ઉંચું ચઢયું કે સાઇફાન ભરાઈ રહે છે અને લાંબા છેડાનું પાણી પોતાના ભારથી અને બીજા છેડામાંથી વાતાવરણના દબાણથી ચઢી ચઢી છેક ઠલવાઈ જાય છે. આમ આપણા ધર્મની આખ્યાયિકા આ વિદ્યાનો આશરો લેઇ રમુજ રીતે બતાવાય છે!

ગતિમાન (ચલિત) પદાર્થ.

પદાર્થની કર્તૃત્વશક્તિ અને કામ:—પદાર્થ કેવી રીતે બનેલા છે, તેઓ ક્યારે ઘન હોય છે, ક્યારે પ્રવાહી હોય છે, ક્યારે વાતરૂપ હોય છે, આ દરેક સ્થિતિમાં તેમના આકાર કેવા હોય છે, આકારમાન કેવું હોય છે, તેમાં કેવા કેવા ફેરફાર થાય છે એ સંબંધમાં આપણે અત્યાર સુધીમાં કહ્યું. પરન્તુ જુદે જુદે પ્રસંગે તેજ પદાર્થ જુદા જુદા પ્રકારનાં કામ કરે છે તે સંબંધે આપણે કાંઈ વાત કરી નથી. જમીન પર પડેલો પથરો અને હાથવડે ફેંકાયલો પથરો જુદાં જ કાર્ય કરે છે. તંબુરાના તાર એમને એમ બાંધ્યા હોય ત્યારે અને એ તારને છેડીએ ત્યારે તે જુદાં જ કામ કરે છે. દીવાસળી આપણા હાથમાં હોય છે ત્યારે અને એ સળીને તેની પેટીની બાજુપર કાળો ખડબચડો પદાર્થ લગાડેલો છે તેના ઉપર ઘસીએ ત્યારે જુદું કામ કરે છે. આજ પ્રમાણે કાચનું ખાલી વાસણ હોય તેના કરતાં તે જ વાસણને રેશમ અગર ઉનનાં લૂગડાં પર ઘસીએ ત્યારે જુદી જ અસર ઉત્પન્ન થાય છે. પદાર્થ આવી ગમે તે હાલતમાં હોય પણ તે વખતે તેનાથી કાંઈ પણ કામ બને છે, અથવા તે કરવાની તેનામાં શક્તિ હોય છે. આવી કાંઈ પણ કામ કરવાની અગર અસર પેદા કરવાની શક્તિને આપણે કર્તૃત્વશક્તિ કહીશું.

પદાર્થની કર્તૃત્વશક્તિ ચાર તરેહથી આપણા ખ્યાલમાં આવે છે.

૧. તે ગતિમાન (ચલિત) હોય છે ત્યારે,

૨. તે કંપિત (ધ્રુજતો) હોય છે ત્યારે,

૩. તે ગરમ હોય છે ત્યારે અને

૪. તેમાં વિજળીનો પ્રવેશ થયો હોય છે ત્યારે.

પદાર્થની કર્તૃત્વશક્તિ તેનાથી જેટલું કામ થાય તેથી સમજાય છે. માટે કામનો એકમ એટલે શું, એનો નિશ્ચય કરવો જોઈએ. કામને કાંઈ તોળાતું નથી, ભરાતું નથી ગણાતું નથી માટે એમ ઠરાવવામાં આવ્યું છે કે એક શેર વજનને એક ફુટ ઉંચુ કરીએ એનું નામ એક કામ અને તે કરવામાં જેટલી શક્તિ વાપરવી પડે એ એક કર્તૃત્વ. આ ઉપરથી

સમજાશે કે બશેર વજનને એક ફુટ ઉંચુ કરીએ તો અથવા એક શેર વજનને બે ફીટ ઉંચકીએ તો બમણું એટલે બે કામ થાય. પદાર્થના વજનના શેરને તે જેટલા ફીટ ઉચકાય તેણે ગુણીએ તો તેટલું કામ થયું એમ કહેવાય. ધારો કે સાઠ શેર વજનને ત્રીસ ફીટ ઉંચુ કરીએ તો કામના ૧૮૦૦ એકમ થાય.

ગણિત અને અનુભવડે ગતિમાન પદાર્થના જેટલા નિયમો જણાયા છે તે તમારાથી સમજાશે નહિ. આ નાના પુસ્તમાં જેટલા નિયમો લખ્યા છે તેટલા જ માત્ર તમે બરાબર યાદ રાખજો. પદાર્થનાં જુદા જુદા પ્રકારનાં સઘળાં કામ આ નાના પુસ્તકમાં લખી શકાય એમ નથી. આ પુસ્તકમાં તો માત્ર દરેક વિષયનું દિગ્દર્શન કરાવવું જ ધારીએ છીએ, જેથી તમારાં જ્ઞાન ચક્ષુઓ ખુલી તમને આ મનોરંજક વિષય સચોટ અને અગાડી શિખવાની લાલસા વધે. દરેક વિષય કેટલી જરૂરનો છે તે સમજાવીશું.

પદાર્થની કર્તૃત્વશક્તિ અથવા કામ કરવાની યોગ્યતા:— આ યોગ્યતા પદાર્થનું વજન અને તેના વેગના વર્ગના ગુણાકારના પ્રમાણમાં હોય છે.

જો એક શેર વજનના પદાર્થને કાંઈ વેગની ગતિ આપવાથી એક એકમ કામ થતું હોય તો તે જ પદાર્થને બમણા વેગની ગતિ આપતાં તેનાવડે ચારગણા એકમ કામ થાય છે. તે જ પદાર્થને જો ત્રમણી ગતિ આપીએ તો નવગણા એકમ કામ થાય. આ પ્રમાણે ગતિના પ્રમાણમાં કામના એકમ વધે છે.

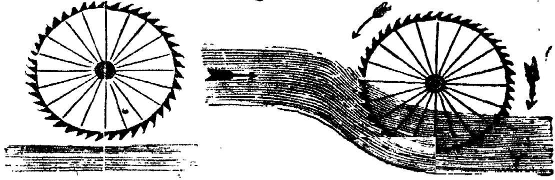
આ નિયમ બરોબર સમજાય માટે ધારો કે એક શેરના પથરાને એક એકમ જોરથી ઉંચે ફેંકીએ અથવા કાદવના ઢગલામાં ફેંકીએ ત્યારે તે સોળ ફીટ ઉંચે જાય અથવા તો કાદવમાં એક ફુટ પેશી જાય. હવે જો બે એકમ જોરથી ફેંકશું તો તે ચોસઠ ફિટ ઉંચે જશે અથવા કાદવમાં ફેંક્યો હશે તો ચાર ફિટ ઉંડો પેશી જશે. ત્રણ એકમથી નવગણું કામ થશે. પથરો ધીરે રહીને મૂકીએ તો સોપારીને ઇજા કરતો

નથી પણ જો અફાળીએ તો ચૂરો કેમ કરી નાંખે છે તે હવે તમને સમજાયું હશે. એવડા જોરથી તરવારનો ઘા કર્યો હોય તો ચોગણું નુકશાન કરે. ગતિનો વેગ વધાર્યાથી કર્તૃત્વ–શક્તિ કેટલી વધારે વધે છે તે તમને ખબર પડી.

સ્થળ પ્રમાણે કામ કરવાની યોગ્યતા:—જ્યારે પદાર્થ સ્થિર હોય છે ત્યારે તે જે ઠેકાણે હોય તે ઠેકાણા પ્રમાણે તેનામાં કામ કરવાની યોગ્યતા વધારે ઓછી હોય છે. ધારો કે બે સરખા બળવાન અને ચાલાક માણસ છે અને એની પાસે ઢેખાળાના સરખા ઢગલા છે. પરન્તુ તેમાંનો એક અગાશી ઉપર અને બીજો ભોંય રસ્તા ઉપર ઉભો છે. તમને કોઇ પુછે કે એ બે જણા લઢે તો એમાંથી કોણ જીતે? તમે તરત જ જવાબ દેશો કે અગાશીવાળો જીતશે–એ રીતે સ્થળને અનુસરીને કામ કરવાની શક્તિ ઓછીવત્તી થાય છે.

પદાર્થની અંદર કામ કરવાની યોગ્યતા હોય એટલે થયું. એણે એ કામ કરવું જ જોઇએ એમ નથી. તેમ જ તે શક્તિ તેની અંદર ગમે તેમ આવી હોય. બંધુકમાં દારૂ ભરીને ગોળી નાંખી એટલે થયું; એનામાં ગુપ્ત શક્તિ આવી. હાથમાં કુવાડો લઇ હાથ ઉંચો કર્યો કે એનામાં ગુપ્ત શક્તિ આવી. એણે લાકડું કાપવું જ જોઇએ એમ નથી. પાણીથી ચાલતી ચક્રી તો તમે દીઠી હશે. પાણીના વહેળા ઉપર બે ચક્કર ગોઠવ્યાં છે.

આકૃતિ ૨૩.



એક વહેળાની સપાટી નીચી અને બીજાની સપાટી ઉંચી છે. તમે

કહી શકશો કે કિયા ચક્રમાં કર્તૃત્વશક્તિ આવી છે. જે પાણીની સપાટ ઉંચી છે તે ચક્રને ફેરવી શકશે અને જે નીચી છે તેને ચક્ર અડશે નહિ એટલે એ ફરી શકે જ નહિ. આમ સ્થળ પ્રમાણે કામ કરવાન યેાગ્યતા હોય છે.

ઉપર વર્ણવ્યા પ્રમાણે કામ કરવાની યેાગ્યતા વખતે દેખીતી અ વખતે ગુપ્ત પણ હોય છે.

ગતિના બે પ્રકાર:—ગતિના ધ્યાનમાં રાખવા લાયક બે પ્રકા છે. એક તેા સીધી લીટીમાં જવાનેા અને બીજો મધ્યભાગમાંથી નિકળ જવાને માટે ગેાળ ફરવાનેા. બીજા પ્રકારની ગતિને મધ્યેાત્સારી કહે છે આ બન્ને ગતિને ઉત્પન્ન કરવાને બળની જરૂર પડે છે. બળવડે પદાર્થમ ગતિ આવી એટલે કામ કરવાની યેાગ્યતા આવે છે અને એ શક્તિ પ્રમાણે એનાથી કામ થાય છે. ગતિને બેવડી ત્રેવડી વધારીએ તેા ચેાગણ ને નવગણું કામ થાય છે એ કહી ગયા છીએ. ગતિમાન પદાર્થન સંબંધમાં જેટલું શિખ્યા તેટલું હાલ બસ છે. હવે પદાર્થના કંપન વિ વાત કહીશું.

કંપિત પદાર્થનુ આંદેાલન:—કંપનારા પદાર્થનાં રજકણે પેાતાની જગા છેાડીને બીજી જગાએ જતાં નથી, પણ તેની તે જગાએ આમતેમ હાલે છે. એને પારણાના હાલવા જોડે સરખાવીએ તેા ચાલે તમે કેાઇ દિવસ ચીપીએા લઇને ભેાંય સાથે અફાળ્યેા છે? જુવેા ... કરી બતાવું! એનાં પાંખિયાં કેવાં હાલે છે! પેાતાની જગા છેાડ દૂર જતાં નથી છતાં આઘાં પાછાં આઘાં પાછાં થઇ કેવાં થથરે છે?

કર્તૃત્વનુ રૂપાન્તર:—પદાર્થની કતૃત્વશક્તિથી નિરંતર એક જ પ્રકારનું કામ થાય છે એમ નથી. તમે એકાદેા લાકડાનેા દંડુકેા ફેંકે એટલે તેનામાં કર્તૃત્વશક્તિ આવી. આ દંડુકેા જો કેાઈ જડેલા ચક્રને સાથે અફળાય તેા તે ફરવા માંડે; એ જ દંડુકેા જો કેાઈ પારણાં અથડાય તેા તેને આઘુંપાછું હલાવે; એ જ દંડુકેા જો પાણીમાં પડ તેા તે પેાતે પાણીમાં પડીને અને આમતેમ હાલીને તેમાં લહેરેા ઉત્પન્

કરત. વળી આ દરેક કામથી વાયુને પાછી ગતિ મળે, અને એ ગતિવાળો વાયુ પાછો બીજા કોને કોને ગતિ આપશે એ તો કહેવાય નહિ ! તમે જોયું દંડુકાનું જોર જે પહેલાં સીધી લીટીમાં જવાનું હતું તે ચક્રને ગોળ ફેરવે છે, પારણાને આમતેમ હલાવે છે, અને પાણીમાં પોતે આમ તેમ ડોલીને લહેરો ઉત્પન્ન કરે છે. આ પ્રમાણે બળનાં તરેહતરેહનાં રૂપાન્તરો થાય છે, પણ તેનો કદી કોઈપણ જગાએ નાશ થતો નથી.

ઝોલાં ખાવાં અને કંપ:—પદાર્થ અથવા તેનાં રજકણો જો ધીરે ધીરે આમતેમ હાલતાં હોય તો તે આપણી નજરે દેખાય છે; અને આપણે કહીએ છીએ કે તે ઝોલાં ખાય છે. તે જ ઝોલાં જો એટલી વધારે ઝડપથી ખવાતાં હોય કે આપણી નજર તેના ઉપર ઠરે નહિ ત્યારે આપણે તે પદાર્થ કંપે છે એમ કહીએ છીએ. પારણું, હિંચકો ઇત્યાદિના સંબંધમાં આપણે તે ઝોલાં ખાય છે એમ કહીએ છીએ. તંબુરાના તારને તે થથરે છે—થર થર થાય છે, અગર કંપે છે એમ બોલીએ છીએ. જો એક તાર થથરે તો પાસેના બીજા તાર પણ થથરે છે. આ પ્રમાણે કંપનાર પદાર્થની પાસેના પદાર્થ પણ કંપે છે, અને જો તેની આજુબાજુ પ્રવાહી અથવા વાતરૂપ પદાર્થ હોય તો તેમાં એ લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે.

કોઈ તળાવને કાંઠે જઇને તેમાં પથરો ફેંકો. તમારો તે પથરો પાણીમાં જે જગાએ પડયો તે જગાએથી ગોળ કુંડાળા જેવી લહેર ઉત્પન્ન થઇ મોટી થતી થતી છેક કિનારા સુધી ફેલાશે. આવું તમે ઘણીવાર જોયું હશે નહિ વારૂ ? નદી અથવા દરીઆમાં પવનને લીધે આ પ્રમાણે લહેરો ઉત્પન થાય છે.

કંપનથી પાણીમાં થતી અને હવામાં થતી લહેરમાં તફાવત:— આ જુવો આપણી અગાડી આ મોટું તપેલું પાણીથી ભર્યું છે. એ પાણી પર હું આ લાકડીનો ફટકો મારૂં છું. જેવી મારી લાકડી પાણીને અડી કે "ફટ" કરીને સંભળાયું. પાણીમાં ચારે બાજુએ લહેરો ઉત્પન્ન થઈ તે આપણે જોયું. તપેલાની બહાર વાતાવરણ છે અને એ

વાતાવરણ પાણીને પણ અડકેલું છે, સબબ તેમાં પણ લહેરો ઉત્પ
થાય. આપણે મૂળે વાતાવરણને જ જોઈ શકતા નથી તો તેમાં થ
લહેરો શી રીતે જોઇ શકીએ ? એ લહેરો થઈ આપણા કાનમાં ઢોલ
જેવું છે તેને અથડાય છે. આમ થાય છે ત્યારે આપણે ફટ કરી
અવાજ સાંભળ્યો. આ પ્રયોગથી તમારા લક્ષમાં આવ્યું હશે જ કે કંપનથ
પાણીમાં થતી લહેરો આપણે જોઇ શકીએ છીએ અને વાતાવરણ
થતી લહેરો કાને સાંભળીએ છીએ.

અવાજ અને સૂરઃ—પદાર્થને જો એક ફટકો મારીએ ત
એક લહેર ઉત્પન્ન થાય છે. કાનમાં પણ એક જ લહેર જાય છે. અ
અવાજ પણ એક જ સંભળાય છે. જો એક પછી એક એમ વધા
ફટકા મારીએ તો એક પછી એક એમ વધારે લહેરો ઉત્પન્ન થાય
અવાજ પણ એક પછી એક, એમ વધારે અને છૂટા છૂટા સંભળાય.

પરન્તુ જો આ ફટકા ઉપરા ઉપરી ઘણી ઝડપથી પડે અને તેથ
લહેરો પણ ઝડપથી પેદા થાય તો અવાજ છૂટો છૂટો ન સંભળાત
ઝડપથી સંભળાય. લહેરો પેદા કરનાર પદાર્થ જ્યારે કંપિત હોય ત્યાં
એમ બને. જ્યારે એમ બને ત્યારે અવાજ એકધારો મળી ગએલે
સંભળાય. એને આપણે સૂર કહીએ છીએ. જો આ ફટકાની સંખ્ય
અને તેથી, લહેરો થોડી હોય તો આપણે નીચો અને જાડો સૂ
સાંભળીએ છીએ. જો વધારે હોય તો ઉંચો અને ઝીણો સૂર સાંભળીએ
છીએ. જો એક સેકંડમાં સોળ ફટકા વાગે તો તે છૂટા છૂટા સંભળાત
નથી, પણ એક અખંડ સૂર સંભળાય છે. આ સૂર છેક નીચો હોય છે
જો સેકંડમાં સોળથી ઓછી લહેરો હોય તો અખંડ સૂર સંભળાતે
નથી. સેવર્ટ નામના પદાર્થવિજ્ઞાનશાસ્ત્રીએ આ શોધ કરી છે. એણે
એ પણ ખોળી કાઢયું છે કે એક સેકંડમાં અડતાલીસ હજાર લહેરે
ઉત્પન્ન થાય એટલો ઉંચામાં ઉંચો સૂર મનુષ્યની શ્રવણેંદ્રિથી પરખાય
છે. સોળ અને અડતાલીશ હજાર લહેરોની વચલા ગાળામાં વિવિધ
સૂરો થઈ શકે છે. સંગીતશાસ્ત્રમાં અને વિશેષે કરીને ગાવામાં વપરાતા

સૂરો બહુ ટુંકા ગાળામાં આવી જાય છે. અને પરખાઇ શકે છે. પુરૂષના ગાવામાં નીચામાં નીચો સૂર એકસો નેવું અને ઉંચામાં ઉંચો છસેં અને અઠોત્તર લહેરોનો હોય. સ્ત્રીઓના વાણીસ્થાનમાં તફાવત હોય છે. તેઓનો નીચામાં નીચો સૂર પાંચસેં અને બહોતેર અને ઉંચામાં ઉંચો સોળસેં અને ૭ લહેરોથી ઉત્પન્ન થાય તેવો હોય છે.

મનુષ્યની શ્રવણેંદ્રિ નીચામાં નીચો અને ઉંચામાં ઉંચો સૂર સાંભળી શકે છે એટલું જ નહિ, પણ તેના વચગાળાના સૂરો કેટલા ચઢતા ઉતરતા છે તે પણ જાણી શકે છે. એક સૂરથી બીજામાં કેટલા ગણી વધારે લહેરો છે એમ આપણે કહી શકતા નથી, પરન્તુ એક સૂર ગાઇ પછી અમુક પ્રમાણમાં બીજો સૂર હોય તો આપણને તે કર્ણપ્રિય લાગે છે અને એ પ્રમાણમાં નથી હતો તો કર્ણકટુ લાગે છે. આથી આપણી શ્રવણેંદ્રિને આધારે સૂરોની એક શ્રેણી બંધાઇ છે એને આપણે સારીગમ કહીએ છીએ. સાત સૂર થયા પછી એવા જ, પણ ઉંચા જતા બીજા સાત, વળી બીજા સાત એમ સૂર ચઢતાને ચઢતા જાય છે. આવા સાત સૂરની શ્રેણીને સપ્તક, પહેલા સાતને પહેલું, પછીનાને બીજું, ત્રીજું એમ સપ્તક ગણાય છે. સાતે સૂરને નામ આપવામાં આવે છે. નીચામાં નીચા પ્રથમનાને ષડજ, પછીના ચઢતાને રીખવ, એમ ગાંધાર, મધ્યમ, પંચમ, ધૈવત અને નિષાદ એ નામો આપ્યાં છે. પ્રથમના સપ્તકના નિષાદથી ચઢતા બીજા સપ્તકના સૂરને પાછું ષડજ એમ કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય બોલવામાં આ આખાં નામ ન વાપરતાં સા, રી ગ, મ, પ, ધ, નિ, સા, એમ બોલાય છે. સપ્તકમાં સૂરનું પ્રમાણ નીચે પ્રમાણે હોય છેઃ—

સા,	રી,	ગ,	મ,	પ,	ધ,	નિ,	સા
૧	૯/૮	૫/૪	૪/૩	૩/૨	૫/૩	૧૫/૮	૨

દરેક સૂરમાં કેટલી લહેરો થાય છે તે આ ઉપરથી જણાતું નથી. માત્ર એક સૂરથી બીજાનું પ્રમાણ કેટલું છે એ જ કહેવાની મતલબ છે. સાથી રીના, રીથી ગના, ગથી મના, એમ અંતરના વિભાગ પાડી તે ગાળામાં

બીજા સૂર નક્કી કર્યા છે. આ ભાગ પાડવામાં મતભેદ છે. કેટલાક એકવીસ અને કેટલાક બાવીસ ભાગ ગણે છે. આ દરેકને શ્રુતિ કહે છે. આમ સપ્તકમાં એકવીસ કે બાવીસ શ્રુતિ હોય છે. સૂરને અમૂક પ્રમાણમાં ઉંચો લઈને અમૂક અંતરે સ્થાન નક્કી થાય છે તેને પાછળના સૂરનો "તિવ્ર" અને નીચો કરવાથી "કોમળ" કરાય છે.

પુરૂષો બે અને સ્ત્રીઓ ત્રણ સપ્તક સુધી ચઢતું ગાઇ શકે છે. ગાયનશાસ્ત્રમાં પ્રવીણ સાંભળનાર ૭૩૦૦૦ લહેરો સુધીની સુરાવટ પારખી શકે છે.

ગવૈયાઓ ગાય છે તેમાં સૌથી પહેલો એટલે સા સૂર તમે સાંભળી શકશો. અગર તમે જ કાઢશો તો અ—અ—આઆ એમ છૂટું સંભળાશે. પણ તે પછીના સૂરમાં એમ નહિ થાય. તેમાં કાંઇ છૂટું નહિ સંભળાય. તંબૂરાનો આ પીત્તળનો તાર જુઓ. એને 'ઘોર'નો તાર કહે છે. જુઓ હું એને છેડું છું. જુઓ ર—ર—ર—ર એમ છૂટું સંભળાયું. પણ આ બીજા તારમાં એમ છૂટું સંભળાય છે? ઘોરનો તાર બીજા તારના કરતાં ઢીલો હોવાથી ઓછા ફટકા લાગી ઓછી લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે અને બીજે તાર વધારે તાણેલો હોઈ વધારે ફટકા, અને તેથી વધારે લહેરો ઉત્પન્ન થઇ એમ છૂટું સંભળાતું નથી.

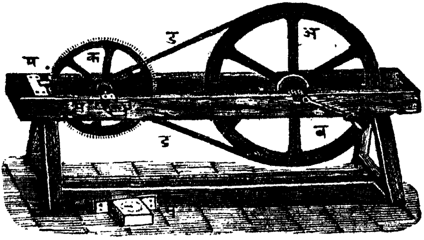
આ નાનું પુસ્તક પદાર્થવિજ્ઞાનનું છે, સંગીતશાસ્ત્રનું નથી. તેમાં એ વળી માત્ર વિજ્ઞાનનું દિગ્દર્શન કરાવવાનો જ હેતુ છે માટે આ મનોરંજક વિષયને વધારે ચર્ચી શકતા નથી.

સેવર્ટનું ચક્કર:—અમૂક ઉંચાઇનો સૂર કાઢવાને આટલા ફટકા લાગવા જોઇએ અને આટલી લહેરો ઉત્પન્ન થવી જોઇએ એ "સેવર્ટનું ચક્કર" એ નામના યન્ત્રથી બરાબર જણાય છે. લાકડાના ચોકઠામાં એક મોટું ચક્કર ફરે છે. તેની અગાડી તેના જેવું એક નાનું ચક્કર ફરે છે. આ નાના ચક્કરને દાંતા હોય છે. મોટા અને નાના ચક્કરના આંસા ઉપર દોરી બાંધી હોય તેથી તે જેમ રેંટીઆના તાડીઆં ઉપર બાંધેલી

માળ જેમ ત્રાકને ફેરવે છે તેમ મોટું ચક્કર નાના ચક્કરને ફેરવે છે. મોટું ચક્કર એક વાર ફરે તો નાનું સો વાર ફરે એમ તેમનો વ્યાસ રાખ્યો છે. નાના ચક્કરને સો દાંતા હોય છે. નાના ચક્કરની અગાડી લાકડાના નાના ચોગઠામાં ધાતુની નરમ વળે એવી પટ્ટી એવી રીતે જડી લીધી હોય છે કે નાનું ચક્કર ફરે ત્યારે એના દાંતા પટ્ટીને વાગતા જાય.

આ આકૃતિમાં અ મોટું ચક્કર, બ એને ફેરવવાનો હાથો અને

આકૃતિ ૨૪.



ક નાનું ચક્કર છે. ડ ડ મોટા અને નાના ચક્કરના આંસ ઉપર બાંધેલી દોરી છે. પ ચોકઠામાં બેસાડેલી ધાતુની વળે એવી પટ્ટી છે. મ એક કાંટાવાળી તક્તી છે તેને નાના ચક્કરના આંસ સાથે લગાડાય છે. નાનું ચક્કર કેટલા આંટા ફરે છે તે એ કાંટાથી જણાય છે.

હવે અમુક ઉંચાઇનો સૂર કાઢવાને દાંતાના કેટલા ફટકા વાગવા જોઇએ તે કેવી રીતે કાઢે છે તે જોઈએ. દરેક દાંતો પટ્ટીપર આવે એટલે એક ફટકો વાગે. નાના ચક્કરનો એક આંટો થાય કે સો ફટકા વાગે એ દેખીતું જ છે. આ ફટકા કાનને છૂટાછૂટા સંભળાશે નહિ અને તેનાથી એક નીચલો સૂર સંભળાશે. જો મોટું ચક્કર એક સેકંડમાં એક ફેરો ફરે તો નાનું સો વાર ફરશે અને એને સો દાંતા હોવાથી ૧૦૦×૧૦૦

=૧૦૦૦૦ ફટકા વાગે. આમ થાય ત્યારે ઉંચો સૂર સંભળાશે. મોટું ચક્કર ધીરે ઉતાવળે ફેરવીએ તો સૂર નીચા ઉંચા સંભળાય એ સમજાય એવું છે.

અમૂક સૂર પેદા કરવાને કેટલા ફટકા વાગવાની જરૂર છે એ જોવું હોય તો આપણે એ સૂર ગાવો; સાથે સાથે આપણા સૂરને મળી જાય એવો સૂર નિકળે તેમ મોટા ચક્કરને ધીરૂં કે ઉતાવળું ફેરવવું. જ્યારે બે સૂર-(પટ્ટીનો અને ગાતા હોઇએ તે) અથવા કોઈ વાદિત્રનો સૂર માપવો હોય તો, વગાડતા હોઇએ એ—સરખા થઈને મળી જાય ત્યારે ઘડીઆળ જોવામાં કાંટો કેટલી સંખ્યા ઉપર છે તે જોવું. ધારો કે એક મિનિટમાં ૬૦૦૦૦ ફટકા વાગ્યા એમ જણાય કે એક સેકંડમાં એક હજાર ફટકા વાગ્યા તો એ સૂર પેદા કરવાને ૧૦૦૦ લહેરો ઉત્પન્ન થવી જોઇએ. આ પ્રમાણે માપતાં કોઈ પણ બે સૂર વચ્ચે કેટલો તફાવત છે એ પણ નિકળે.

આ જ કામને સારૂ "સાઇરન" નામનું બીજું યન્ત્ર પણ વપરાય છે.

અવાજને લઇ જવાને વાતાવરણ જોઇએ:—પ્રથમ કહી ગયા તે પ્રયોગમાં તપેલાના પાણી ઉપર લાકડી અથડાવી તે વખત પાણીમાં લહેર ઉત્પન્ન થઇ અને તેથી વાતાવરણમાં પણ લહેર ઉત્પન્ન થઇ. એ વાતાવરણની લહેર આપણા કાનમાં ગઇ તેથી આપણે ફટ્ એવો અવાજ સાંભળ્યો. તમારી ખાત્રી થઈ હશે કે અવાજને લઈ જવાને વાતાવરણ જોઇએ, નીકર પાણીમાં લહેર થઈ તે થઈ. આપણે એને સાંભળીએ શી રીતે ?

વાયુશોષકયન્ત્ર ઉપર આ એક કાચનું નળા જેવું ઢાંકણુ છે. એના ઢાંકણામાં સળીઆ રાખી એ ઢાંકણાથી માંહેલી તરફ લટકાવેલી ઘંટડી બહારથી વગાડવાની ગોઠવણ કરી હોય છે. ઢાંકણું મજબૂત બેસાડી એમાંથી વાયુ શોષી લઉં છું. વાયુ શોષ્યા પહેલાં જુવો હું ઘંટડી વગાડું છું. કેમ સંભળાય છે કે નહિ ? હા. હવે જુઓ, તમે સાંભળો છો ? ઘંટડીની જીભ તો ઘંટડી સાથે અફળાતી દેખીએ છીએ; એટલે ઘંટડી વાગે તો છે.

પણ આપણે અવાજ નથી સાંભળતા; કારણ ઘંટડીના કંપથી લહેરો ઉત્પન્ન થવાને વાતાવરણ જ નથી.

અવાજની ગતિ:—તોપ અગર બંદૂક ફૂટતાં તો તમે બધાએ જોઇ હશે. તોપ ફૂટે છે તેમાંથી ચમકારો અને ધૂમાડો નિકળે છે. ત્યારબાદ થોડી સેકંડ પછી ધડાકો સંભળાય છે. જ્યારે તોપ ફૂટે છે ત્યારે જ ધડાકો થાય છે, પણ આપણે ચમકારો પહેલો દેખીએ છીએ અને ધડાકો મોડો સાંભળીએ છીએ તે ઉપરથી અવાજને એક જગાથી બીજી જગાએ જતાં વખત લાગે છે, એ તો નક્કી છે. અવાજ વાતાવરણમાં એક સેકંડમાં ૧૧૪૦ ફીટ જાય છે. આપણે બેઠા છીએ ત્યાંથી એક માઇલ દૂર તોપ ફૂટે તો તેનો અવાજ આપણે ફૂટયા પછી સુમારે સાડાચાર સેકંડે સાંભળીએ. વાતાવરણમાં જ્યારે વાદળાં એક બીજાની જોડે અથડાય છે અને તેના ઘર્ષણથી વિજળી ઉત્પન્ન થાય તે જ વખતે ગર્જના પણ થાય છે. વાદળમાં વિજળીનો ચમકારો થાય, અને તે પછી પાંચ સેકંડે ગર્જના સાંભળીએ, તો એ વાદળું તમારાથી એક માઇલ કરતાં થોડું વધારે ઉંચુ હશે.

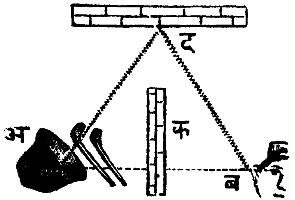
અવાજ જે પ્રમાણે હવામાં થઇને જાય છે, તેમ તે બીજા પદાર્થમાં થઇને પણ જાય છે. જુદા જુદા પદાર્થમાં થઇને જતાં તેની ગતિ ધીરી અથવા ઉતાવળી હોય છે. અવાજ હવા કરતાં પાણીમાં ચારગણી વધારે ઝડપે જાય છે. લોઢા અને લાકડામાં થઇને તે ઘણી જ વધારે ગતિથી ચાલે છે. કેટલીક તરેહનાં લાકડામાં થઇને જતાં તે હવા કરતાં સોળગણી વધારે ગતિયે દોડે છે!

પડઘો:—અવાજની લહેર સીધે સીધી આપણા કાનમાં આવે છે જેથી આપણે સાંભળીએ છીએ. પછી ફેલાતાં ફેલાતાં તે લહેરના જવાના માર્ગમાં ડુંગર, ભીંત કે એવી જગા આવે કે તેને અથડાય છે. અવાજની લહેર આવી રીતે અથડાય છે ત્યારે ત્યાંથી પાછી ફેંકાય છે અને આપણા કાન ઉપર ફરી અથડાય છે. આવી વખતે તેને તે અવાજ આપણે બીજી વાર સાંભળીએ છીએ. કોઈ કોઇ વખતે તો આ

લહેર આમતેમ અથડાઈ એથી વધારે વાર પાછી ફેંકાય છે, ત્યારે આપણે એ ને એ અવાજ એથી પણ વધારે વાર સાંભળીએ છીએ. આ બીજી વાર સંભળાતા અવાજને આપણે પડઘો કહીએ છીએ. દહેરાના ઘુમટ નીચે બોલીએ તો તરત પાછું સંભળાય છે, એ તો તમે જાણતા જ હશો. પડઘાથી ઘણી વાર ગમ્મત પડે છે. આપણે બોલીએ કે 'તું' તો સામું સંભળાય કે 'તું'. આપણે બોલીએ કે 'કાલે' તો પાછું સંભળાય કે 'કાલે'. જાણે કોઇ આપણા ચાળા ન પાડતું હોય એમ લાગે છે. ઇંગ્રેજી સાહિત્યમાં પડઘા વિષે એક નાની કવિતા છે. એક સિંહે કરેલી ગર્જનાના પડઘાથી બીજો સિંહ બોલે છે, એવી કલ્પના છે. જૂની વાચનમાળામાં આ કવિતાનો સ્વ. દલપતરામ કવિનો કરેલો અનુવાદ વાંચવા જેવો છે. આ પડઘાની ગમ્મત તો તમે ઘણી વાર કરી હશે નહિ વારૂ ?

અવાજના સંબંધમાં એક ગમ્મત ભરેલો પ્રયોગ:— કોઇ વખત એવી ગમ્મત પડે છે કે કોઈ ઠેકાણે ટકોરખાનું વાગતું હોય છે અને વચ્ચે ઘરની ઉંચી ભીંત અથવા બીજો કોઇ અંતરાય નડવાથી તેનો અવાજ સીધો આપણા કાનમાં ન આવતાં તદ્દન બીજી જ જગાએથી આવતો હોય એમ આપણને લાગે છે. આપણને લાગે કે ટકોરખાનું કોઇ બીજી જ જગાએ વાગે છે. !

આકૃતિ ૨૫.



પાસેના ચિત્રમાં અ જગાએ ટકોરખાનું વાગે છે. જો વચ્ચે કાંઇ પણ ન હોય તો તે આપણે બ જગાએ સાંભળીએ, પણ ક ભીંત વચ્ચે આવેલી છે માટે અવાજ ઉંચે જઇ ટ આગળ અથડાઇને બીજી દિશામાં જાય છે; તે બ આગળ આપણા કાનને અથડાય છે અને આપણને ટકોરખાનું ટ આગળ વાગતું ન હોય એમ લાગે છે ! જો વચ્ચે ક ભીંત ન હોત તો આપણને અ આગળ

વાગતું હોય એમ ટકોરખાનું અને એનો પડઘો પણ સંભળાત.

અવાજની કર્તૃત્વશક્તિઃ—અવાજમાં પણ કામ કરવાની શક્તિ હોય છે. કોઈ વખતે સંચામાં કે કોઇ જગાએ અકસ્માત થાય છે, ત્યારે આજુબાજુના ઘરની કાચની બારીઓ ફૂટી જાય છે. એ અવાજથી થતી વાતાવરણની લહેરોના જોરથી થાય છે. વખતે ઘણો મોટો અવાજ હોય તો સાંભળનાર માણસના કાન પણ ફૂટી જાય. મોટા અવાજથી કાનમાં ધાક પડી જાય છે, એ તો તમને ખબર હશે. આપણે સ્વાભાવિક રીતે એવી વખતે કાનમાં આંગળીઓ ઘાલી દઇએ છીએ. આમ અવાજમાં કામ કરવાની શક્તિ છે, પણ એ કામ બહુધા નાશ—ભાગફોડ—કરવાનું જ હોય છે. મોટો અવાજ થાય તો આપણને કંટાળો આવે છે. અવાજ જો નિયમિત અને મધુર હોય તો સાંભળનારને આનંદ થાય છે.

ગરમ અને પ્રકાશિત પદાર્થના ધર્મ.

ગરમી અને પ્રકાશ એટલે શું ?—ગયા ભાષણમાં પહેલવહેલો આપણે પ્રશ્ન ઉઠાવ્યો હતો કે અવાજ એટલે શું ? તેનો ઉત્તર શો મળ્યો હતો તે સંભારી કાઢો. અવાજ એટલે વાતાવરણમાં ઉત્પન્ન થતી લહેરો. એ કેમ ઉત્પન્ન થઈ વારૂ ? હેં, શું કહો છો ? હા, વાતાવરણને કંપિત પદાર્થ વડે જે ફટકા લાગ્યા તેના વડે ઉત્પન્ન થઈ. આપણે જ્યારે એમ કહીએ છીએ કે ઘંટનો અવાજ થાય છે ત્યારે ઘંટનો અવાજ એ કોઇ પદાર્થ છે અને ઘંટમાંથી નિકળીને આપણા કાનમાં આવે છે એમ કાંઈ આપણા મનમાં આવતું નથી. ઘંટનો અવાજ એ કાંઇ પદાર્થ નથી, એ આપણે પકકું જાણીએ છીએ. ઘંટમાં કંપ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેનાથી વાતાવરણમાં લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે. એ લહેરો આપણા કાનમાં પેસી ઢોલકીને અથડાય છે એથી આપણે અવાજ સાંભળીએ છીએ. આમ હોવાથી ઘંટનો અવાજ એટલે ઘંટનો કંપ એમ કહેવામાં કાંઇ બાધ નથી. ધારો કે ઘંટને ત્રાજવાની દાંડીને એક છેડે લટકાવી બીજે

છેડે વજન ટાંગી સમતુલ્યતા કરીએ. પછી ઘંટને વાગાડીએ તો પણ ઘંટમાં કાંઈ વજન વધ્યું જણાતું નથી. ગમે તેવડો મોટો અવાજ નિકળતો હોય છતાં ઘંટના વજનમાં ફેર પડતો નથી. તમે સમજ્યા જ હશો કે અવાજમાં વજન નથી. વજન નથી એટલે એ પદાર્થ નથી એ ખૂલ્લું જ છે. ઘંટનાં રજકણોમાં એક જાતનો ફેરફાર માત્ર થાય છે. હવે એ જ વાત આપણે ગરમ અને પ્રકાશિત પદાર્થને લાગુ કરી જોઈએ.

ગરમી અથવા પ્રકાશ વડે પદાર્થનું તોલ વધતું નથી. એક લોઢાના ગોળાને જોખી જોઈએ, પછી તેને દેવતામાં નાંખી લાલચોળ તપાવીને તે પ્રકાશિત અને ગરમ હોય તે વખતે જ ફરી તોળીએ, તો તેનું વજન વધશે નહિ. આ રીતે ગરમી અને પ્રકાશથી વજન વધતું નથી એ ખૂલ્લું છે. આમ હોવાથી ગરમી અને પ્રકાશ એ પદાર્થ નથી એ પણ ખૂલ્લું છે. ગરમી અને પ્રકાશ પદાર્થના કંપનની પેઠે પદાર્થનાં રજકણનો એક તરેહનો ફેરફાર જ છે.

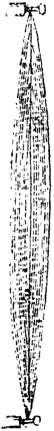
હાલ વિજ્ઞાનશાસ્ત્રીઓનો એવો અભિપ્રાય છે કે અવાજ સાંભળવાને જેવી લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે તેવી ગરમી અને પ્રકાશને માટે પણ થાય છે. પરન્તુ તેમાં તફાવત છે. એટલો જ કે ગરમી અને પ્રકાશની લહેરો વાતાવરણમાં નહિ પણ ઇલાસ્ટિક ઇથિરમાં ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઇલાસ્ટિક ઇથિર પાતળો અને સર્વવ્યાપી છે. બીજી વસ્તુ હોય ત્યાં પણ, તે વસ્તુ હોયે સતે આ ઇલાસ્ટિક ઇથર હોય છે. અવકાશ માત્રમાં એ ભરેલો છે. વાતાવરણ તો આપણી પૃથ્વીને વિંટલાયલું અમુક ઉંચાઇ સુધી જ હોય છે, પણ આ ઇલાસ્ટિક ઇથર તો ઉપર કહ્યું તેમ સર્વવ્યાપી છે. બધા આકાશી પદાર્થોમાં પણ એ છે અને બધા આકાશી પદાર્થો પણ એમાં છે. પદાર્થના ધર્મો એમાં ન હોવાથી એને પદાર્થ કહી શકાય નહિ. ઇલાસ્ટિક ઇથિરમાં ઉત્પન્ન થએલી આ લહેરો આપણી સ્પર્શેંદ્રિને લાગે છે અને તેથી આપણને ગરમી-તાપ લાગે છે અને પ્રકાશરૂપે આપણી આંખને લાગે છે, જેથી આપણે પ્રકાશ કે તેજ જોઇએ છીએ.

ભૂલ ભરેલા દેખાવ :—આ વિષય તમને અગાડી સમજાવું તે પહેલાં કેટલાક ભૂલ ભરેલા દેખાવ સંબંધે થોડું કહેવું જોઈએ. આવી

દેખવાની ભૂલથી છેતરાઇને આપણે કાંઈ ગમે તેમ માની લઈએ એ ઠીક નહિ.

એક નાનું બળતું ખોયણું લઇ તેને તમારી નજર આગળ ચક્કર ચક્કર ફેરવો. જુઓ, તેજનું ગોળ ચકરડું હોય એવું દેખો છો ખરૂં ? આ ભૂલ સૂરની ભૂલ કરતાં પણ અજાયબ જેવી છે. કેમકે જે સૂર છૂટા છૂટા છે તે જલદી જલદી નિકળે છે માટે એમ લાગે છે. પણ આ તો બળતું ખોયણું માત્ર એક જ ઠેકાણે છે અને તમને જાણે ચકરડું હોય નહિ એવું દેખાય છે !

આકૃતિ ૨૬. હવે આ બીજું જુઓ, આ તંબુરાના તારને વચ્ચેથી છેડો.



આ તાર ઝણણણ કરીને હાલ્યો. એ કાંઈ હલાવ્યાથી ચપટો થઇ ગયો છે ? છતાં હાલે છે ત્યારે કેવો ચપટો હોય નહિ એવો દેખાય છે. આ પણ પેલા બળતા ખોયણા જેવી જ દેખાવની ભૂલ છે. અરે, તમારૂં અંગરખું જ જુઓને. કેવું સાફ ચપટું દેખાય છે. હવે લગીર વધારે આંખ પાસે લાવો. કેમ, આડાઅવળા દોરા અને રૂવાંટી દેખાય છે કે ? અંગરખું જેવું દેખાતું હતું તેવું છે કે ? ના, એ તો આડાઉભા દોરાવાળું અને ખાડાખૈયાવાળું છે.

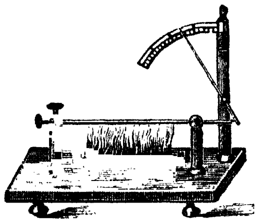
અરે, આ જ મોટામાં મોટી ભૂલ, કે ઘંટનો થથરાટ અથવા કંપ એ જ એનો અવાજ, એ વાત આપણા મનમાં કદી આવી જ નહોતી ! ખરૂં જોઇએ તો થથરાટ–કંપ અને અવાજ એમાં કાંઈ ભેદ જ નથી.

આંખને જે કંપ અથવા થથરાટ તરીકે દેખાયું તે જ કાનને અવાજ તરીકે સંભળાય છે. મૂળ બનાવ તો તેનો તે જ છે. એ જ પ્રમાણે ઇલાસ્ટિક ઇથરની અંદરના રજકણો ઘણી જ ઝડપથી હાલે છે, તેનું હાલવું ગરમી રૂપે આપણી સ્પર્શેંદ્રિને અને પ્રકાશ રૂપે ચક્ષુને જણાય છે.

ગરમીથી પદાર્થ પ્રસારણ પામે છે એટલે ફૂલે છે:— પદાર્થને તપાવીએ એટલે તે ઘણું કરીને ફૂલે છે. આ નિયમ સમજવાને આપણે એક ઘન, એક પ્રવાહી અને એક વાતરૂપ પદાર્થને તપાવી જોઇએ.

લોઢાના બે સરખી લંબાઇના સળીઆ લઇને તેમાંથી એકને ખૂબ તપાવવો પછી બીજા સળીઆ જોડે ભરી જોતાં તપાવેલો સળીઓ લાંબો થએલો જણાશે. આ સળીઆ આઠ અથવા દસ ફીટ લાંબા જોઇએ કેમકે એટલી લંબાઇ હોય તો જ દેખાઇ આવે એવો ફેરફાર થાય.

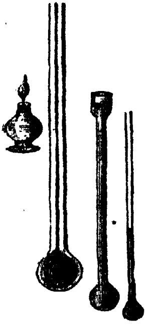
આકૃતિ ૨૭.



આ યન્ત્રમાં એક સળીઓ છે તે એક છેડેથી સ્ક્રૂવડે મજબૂત જડી લીધેલો છે; એટલે એ તરફ લાંબો થઈ શકે તેમ નથી. હવે સળીઆની નીચેના વાસણમાં મઘાર્ક નાંખીને સળગાવું છું. જુઓ આ સળીઓ લાંબો થવા લાગ્યો. એના લાંબા થવાથી આ કમાનને ધક્કો લાગે છે અને તેથી પીતળની ગોળ પટ્ટી ઉપર કાંટો ફરે છે. વળી આ એક ધાતુની ગોળ મોટી વીંટી છે તેમાં બરાબર બેસતો આવે અને ટહાડો હોય ત્યારે એમાંથી નીકળી જઇને નીચે પડે એવો ગોળો છે. એ ગોળાને તપાવીને એ વીંટી ઉપર મૂકીએ છીએ તો ટહાડો હતો ને નિકળી પડતો હતો તેમ ન થતાં વીંટી ઉપર રહી શકે છે.

પહેલા પ્રયોગથી ગરમી વડે પદાર્થ લંબાઇમાં અને બીજા વડે સઘળી દિશામાં પ્રસારણ પામે છે એ બતાવાય છે.

આકૃતિ ૨૮.

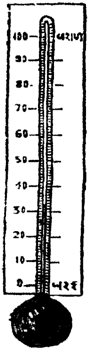


એક છેડે ફૂલેલા ગેાળ દડાવાળી કાચની નળી લઇને હું એમાં પાણી ભરૂં છું. એને દીવા ઉપર તપાવું છું તેા જોયું, પાણી કેવું ફૂલે છે, અને નળીમાં ઉંચું ચઢે છે ?

આ એક રબ્બરની થેલી લઇને હું તેમાં થેાડી ફૂંક મારી હવા ભરૂં છું. જુઓ, થેલી પૂરેપૂરી ન ભરતાં થેાડી જ ભરૂં છું. હવે હું એને તપાવું. તપાવતાં તપાવતાં બળી ન જાય માટે આમતેમ ફેરવવી જોઇએ હેાં! જુવેા, થેલી ફૂલવા માંડી. ફૂલીને ગેાળ થઇ ગઇ. જોયું, ગરમી લગાડવાથી વાતરૂપ પદાર્થ કેવા ફૂલે છે.

ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્ર:—ગરમી લગાડવાથી પદાર્થ ફૂલે છે, પછી તે ઘન હેાય, પ્રવાહી હેાય કે વાતરૂપ હેાય. હવે જુઓ બધા પદાર્થ સરખા ગરમ લાગે છે? હવાની જ વાત કરીએ. સવારમાં કેવું ટાઢું ટાઢું લાગે છે? બપેારે કેવેા તાપ લાગે છે? અથવા શિયાળામાં હવા કેવી ઠંડી અને ઉનાળામાં કેવી ગરમ ગરમ લાગે છે? આપણે પીએ છીએ તે પાણી ટહાડું અને નહાવાનું પાણી કેવું ઉંનું હેાય છે? આપણી આજુબાજુના સઘળા પદાર્થ સરખા ઉંના હેાતા નથી. હવે હું તમને એમ પૂછું છું કે શિયાળાના કરતાં ઉનાળાની હવા કેટલી ઉંની છે? અથવા પીવાના પાણી કરતાં નહાવાનું પાણી કેટલું ઉંનું છે? તેા તમે શું કહેશેા? એ જાણવાને તમારી પાસે કાંઇ સાધન છે? નથી?! જુઓ, મારી પાસે તેા છે. આ રહ્યું. એને ઉષ્ણુતામાપકયન્ત્ર કહે

આકૃતિ ૨૯. છે. આ યન્ત્ર તે એક સરખી પહોળાઈની કાચની નળી છે. તેને એક છેડે ગોળ દડા જેવું છે, અને બીજે છેડેથી તપાવીને બંધ કરી લીધેલી છે. દડામાં પારો ભર્યો છે. અને નળીની પારાની ઉપરની જગા નિર્વાત છે. એ નળીને પીત્તળની પટ્ટી ઉપર ચોડડી છે. પટ્ટી ઉપર નીચે ૦° અને ઉપર ૧૦૦° એ પ્રમાણે લીંટા કરીને આંકડા માંડયા છે. જ્યારે જ્યારે પારાને ગરમી લાગે ત્યારે ત્યારે તે ફૂલીને ઉપર નળીમાં ઉંચો ચઢે છે. કેટલો ઉંચો ચઢયો તે પટ્ટી ઉપરના આંકડામાં વંચાય છે. એ દરેક લીંટાને અંશ કહે છે. અને જેટલા આંકા ઉંચો ચઢે, તેટલા અંશ પારો ચઢયો એમ કહેવાય છે. ઘણા યન્ત્રોમાં ૦° ની નીચે અને ૧૦૦° ની ઉપર પણ આંકા કરેલા હોય છે. આ આકૃતિમાં કર્યા નથી. ૦° ની નીચેના આંકડાની અગાડી ઓછાનું ચિન્હ મૂકાય છે જેમકે −૫°, −૧૫°.



ઉષ્ણતામાપકયન્ત્રથી ગરમીનું માપ:—હવે આ યન્ત્રથી ગરમી કેમ મપાય છે તે તમને કહું છું. જે પદાર્થની ગરમી માપવી હોય તે પદાર્થમાં અગર તેને અડકાડીને એ યન્ત્રને કેટલીક વાર રાખે છે, એટલે એ પદાર્થની ગરમી આ યન્ત્રને લાગીને એની અંદરનો પારો ગરમ થઇને ફૂલે છે. પારો નળીમાં ઉંચો ચઢે છે. જેટલી ઉંચાઇએ પારો જાય એટલા અંશ એનામાં ગરમી છે એમ કહેવાય. આ યન્ત્ર એટલું તો જલદ હોય છે કે એને લગીર તમારી આંગળી લગાડો તો પારો ગરમ થઇ ઉંચો ચડી જાય, તેમ જ લગીર ઠંડા વાનો સપાટો લાગે તો તરત નીચે ઉતરી જાય. નહાવાના પાણીમાં આ યન્ત્ર થોડીવાર રાખીને જોવું કે પારો કેટલો ચડયો. પછી પીવાના પાણીમાં મૂકીને જોવાથી તેનો પારો ઉતરી જશે. આમ કરવાથી પીવાના પાણી કરતાં

નહાવાનું કેટલું ઉનું અથવા નહાવાના પાણી કરતાં પીવાનું કેટલું ટાઢું એ જણાશે.

ઉષ્ણતામાપક યંત્રની બનાવટ અને એના જુદા જુદા પ્રકાર:—કારીગર લોકો આ યંત્ર કેવી રીતે બનાવે છે તે તમને કહું છું. સાંકડા અને સીધા કાણાવાળી અને એક છેડેથી બંધ એવી કાચની નળી લઇ તેનો બંધ છેડો તપાવીને ત્યાં ફૂંકી ફૂંકીને ગોળ દડા જેવું કરે છે. પછી તે નળીને પારો ભરેલા વાસણમાં ઉંધી બોળે છે જેથી પારો ઉંચે ચડી જાય છે. નળી પૂરી ભરાયા પછી નળીને ફરી તપાવે છે તેથી પારો ઉકળીને ફૂલે છે. કેટલોક પારો બહાર નિકળી જાય છે. પછી નળીનો ઉઘાડો છેડો તપાવીને બંધ કરી દે છે. આમ બે છેડેથી બંધ થએલી અને પારો ભરેલી નળી તૈયાર થઈ. આ નળીને પછી બરફનો ભૂકો ભરેલા વાસણમાં ઉભી થોડી દાટે છે. બરફથી પારો ઠંડો થઇને નીચે ઉતરે છે. ઉતરતાં ઉતરતાં છેક નીચે આવીને ઉતરતો બંધ થાય છે ત્યાં કાનસવડે એક નિશાની કરે છે. આ જગાને બરફ પીગળવાની નિશાની કહે છે. પછી એ નળીને ઉકળતા પાણીના વાસણના ઢાંકણામાં કાણું કરેલું હોય છે તેમાં રાખે છે જેથી પારો વરાળમાં રહે છે. વરાળની ગરમીથી પારો ફૂલીને ઉંચે ચડે છે. ઉંચે ચઢતો બંધ થાય તે વખતે પારો જ્યાં હોય ત્યાં કાનસ વડે બીજું ચિન્હ કરે છે. એને પાણી ઉકળવાની ગરમીની નિશાની કહે છે. પછી આ નળીને પીત્તળની પટ્ટી પર જડે છે અને નક્કી કરેલી બે નિશાનીઓ વચ્ચેના ભાગમાં આંકા પાડે છે. જુદી જુદી તરેહના યંત્રોમાં આ બે બિંદુઓ વચ્ચેના ઓછાવત્તા ભાગ પાડેલા હોય છે.

સેંટિગ્રેડ જાતના યંત્રમાં બરફ પીગળવાની જગાએ ૦° અને વરાળની જગાએ ૧૦૦° માંડી તેના સો ભાગ કર્યા હોય છે.

ફેરન્હાઇટ જાતનાં યંત્રોમાં બરફ પીગળવાની જગાએ ૩૨° અને વરાળની જગા આગળ ૨૧૨° અને વચલા ભાગના ૧૮૦ સરખા ભાગ કર્યા હોય છે.

રૂમર જાતનાં યંત્રોમાં બરફની નિશાની આગળ ૦° અને વરાળ આગળ ૮૦° કરી, તેના ૮૦ ભાગ પાડેલા છે.

આમ હોવાથી સેંટિગ્રેડ ઉષ્ણુતામાપકયંત્રના, ૧૦૦°, ફેરન્હાઇટના ૨૩૨° અને રૂમરના ૮૦° અંશ બરાબર છે. સરખા દાંડાના ૧૦૦, ૧૮૦ અને ૮૦ ભાગ પાડેલા હોવાથી આ ત્રણે ઉષ્ણુતામાપક યંત્રના અંશ નાનામોટા હોય એ સ્વાભાવિક છે. પણ તમે પ્રમાણુ જાણ્યું એટલે એકના અંશને બીજાના અંશમાં ફેરવી શકો છો. વિજ્ઞાનના ગ્રંથો વગેરેમાં સેંટિગ્રેડ ઉષ્ણુતામાપક યંત્ર વાપરવું સુગમ પડે છે અને વપરાય છે પણ એ જ. રૂશિયામાં રૂમરનો પ્રચાર બહુ છે. સેંટીગ્રેડના ૧૦૦° અંશ હોવાથી ગણુત્રી કરવામાં સુગમતા પડે છે. આ પુસ્તકમાં પણુ જ્યાં જ્યાં અમે અંશ કહ્યા છે ત્યાં એ જ યંત્રના અંશ સમજવાના છે.

ગરમીનો એક અંશ:— ગરમી એ પદાર્થ નથી પણુ પદાર્થનાં રજકણોમાં થતો એક તરેહનો ફેરફાર માત્ર છે. પદાર્થ ન હોવાથી એને વજન નથી એ આપણે જોઇ ગયા. ત્યારે ગરમીનું માપ શી રીતે લેવાય? ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રની વાત કરતાં અમૂક અંશ ગરમી એમ કહી ગયા પણુ એનો અર્થ શો? ગરમી માપવાને એકમ નક્કી કરેલ છે. એ એકમ દુનિયાના બધા દેશોમાં સરખા નથી, પણુ જુદા જુદા છે. * ફ્રાન્સમાં એક કિલોગ્રામ વરાળ ટાઢી કરીને કરેલા પાણીને એનું ઉષ્ણુતામાન સેંટિગ્રેડ ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રથી માપતાં એક અંશ વધે એટલું ઉનું કરતાં આપવી પડે એટલી ગરમીને એક અંશ કહે છે. ઇંગ્લાંડમાં વળી એવા એક પૈાંડ પાણીમાં સેંટિગ્રેડના એક અંશ ગરમી વધારવાને જેટલી ગરમી આપવી પડે તેને પણુ એક અંશ ગરમી કહે છે.

પદાર્થના પ્રસરણુ વિષે વધારે માહિતી:— ઘન પદાર્થ ગરમીથી ફૂલે છે એ વાત ખરી પણુ તે થોડા. લોઢાની બાર ફીટ લાંબી ચીપને ૦° થી ૧૦૦° ગરમી આપતાં તે એક ઇંચિના બે દશાંશ જેટલી

---

* ફ્રાન્સમાં તોલ માપ વગેરેને માટે દશાંશ રીતી વપરાય છે. એને ઈંગ્રેજીમાં મિટ્રિક રીતી કહે છે. તમે એ વિષે જાણુતા જ હશો.

લાંબી થાય છે. બધી ધાતુઓમાં જસત વધારે વધે છે. બાર ફીટ જસતની ચીપને ૦° થી ૧૦૦° ગરમી આપીએ તો તે લગભગ અર્ધો ઇંચ વધે છે.

પદાર્થ	૧૦૦૦૦૦ ફીટ લાંબી ચીપને ૦° થી ૧૦૦° સુધી ગરમી આપતાં કેટલા ઇંચ વધે છે તે.
કાચ	૮૫ ઇંચ વધે છે.
તાંબુ	૧૭૧ „ „
પીત્તળ	૧૮૮ „ „
લોઢુ (ઘડતરનું)	૧૨૦ „ „
લોઢુ (ભરતરનું)	૧૦૯ ઇંચ વધે છે.
લોઢુ (પોલાદ)	૧૧૪ „ „
સીસું	૨૮૨ „ „
કલાઇ	૧૯૬ „ „
રૂપું	૧૯૨ „ „
સોનુ	૧૪૪ „ „
પ્લેટિનમ્	૮૭ „ „
જસત	૨૯૮ „ „

ઘન પદાર્થ કરતાં પ્રવાહી વધારે વધે છે:—માપથી ભરીને બાર શેર પાણી લઇને તેને ૦° થી તે ૧૦૦° ગરમી સુધી તપાવીએ તો તે માપથી અચ્છેર વધે છે. પારો માત્ર પાશેર વધે છે.

પદાર્થ	૧૦૦૦૦૦ શેર પદાર્થને ૦° થી ૧૦૦° ગરમી આપતાં માપથી કેટલા શેર વધે છે તે
પારો	૧૮૧૫ શેર વધે છે.
પાણી	૪૩૧૫ „

વાતરૂપ પદાર્થ સૌથી વધારે વધે છે:—ચાર પ્યાલા ભરીને હવા લઈને તેને ૦° થી ૧૦૦° સુધી તપાવીએ તો તે સોળ પ્યાલા જેટલી ફૂલે છે એટલે ચાર પ્યાલા જેટલી કદમાં વધે છે.

પ્રસરણના નિયમનો અપવાદ:—ગરમીથી પદાર્થ ફૂલે છે એમ અગાડી કહી ગયા, પણ કેટલાક પદાર્થ એવા પણ છે કે જેને આ નિયમ નથી લાગતો. પહેલું તો પાણી જ ! બરફ થવાની તક ઉપર ૪° થી તે ૦° અંશ સુધી ખરૂં જોતાં પાણી ઠંડીથી સંકોચાવું જોઇએ, પણ તે ઉલટું ફૂલે છે. ધારો કે પાણીમાં પચીસ અંશ ગરમી છે. તેને ઠંડક લગાડીએ તો તેમાંથી ગરમી જાય તેમ તેમ એ સંકોચાય. ટહાડું થએલું પાણી સંકોચાઇ ભારે થાય એટલે નીચે જાય અને ગરમ પાણી સપાટી પર આવે. વળી એ પણ ઠંડુ થાય, સંકોચાય, ભારે થાય અને નીચે જાય. એમ થતાં થતાં બધું પાણી એક ઉષ્ણતામાનવાળું એટલે ૪° સેંટિગ્રેડનું થઈ જાય. પછી જ્યારે ઉષ્ણતામાન એક અંશ ઘટીને ૩° થાય, ત્યારે મૂળ નિયમને અનુસરીને પાણી વધારે સંકોચાવું અને તેથી વધારે ભારે થવું જોઇએ. છતાં તેમ ન થતાં ૪° થી ૩° સેંટિગ્રેડે ઉષ્ણતામાન જતાં પાણી ઉલટૂં ફૂલે છે, તેથી હલકું થાય છે. એમ થયું એટલે તે નીચે તળીએ ન જતાં સપાટી ઉપર જ રહે છે. વળી ઉષ્ણતામાન ૩° થી ઘટી ૨° અને એમ ઘટતાં ઘટતાં ૦° થઈ જાય છે. પાણી વધારે વધારે ફૂલતું જાય છે અને તેનો બરફ બની જાય છે. ફૂલવાથી તે પાણીથી હલકો બને છે અને પાણી ઉપર તરે છે. આમ થાય છે ત્યારે સપાટીપર બરફ, અને નીચેના પાણીનું ઉષ્ણ-તામાન ૪° એમ હોય છે. જે દેશોમાં શિયાળામાં નદી, નાળાં અને સરોવરનાં પાણી ઠરી જઈ બરફ થાય છે ત્યારે બધા પાણીનું બરફનું ચોસલું ન બની જતાં માત્ર સપાટીપર બરફ અને નીચલું વધારે ઉષ્ણતામાનવાળું પાણી વહ્યાં કરે છે, અને જળચર પ્રાણિયો સુખે ફરહર કરે છે. જો કુદરતે આમ ન કર્યું હોત તો શિયાળામાં બરફ થતાં જ બધાં જળચર પ્રાણિયો અથાઇ જ જાત ! જગન્નિયન્તાની કેવી અગાધ દયા !

એ જ પ્રમાણે સુરમો નામની ધાતુ પણ ઠંડી પડે ત્યારે ફૂલે છે. આ ધાતુનો આવો ગુણ છાપખાનાવાળાઓને બહુ ઉપયોગી થઈ પડ્યો છે. પ્રથમ છાપવાનાં બીબાં જસતનાં બનાવતા. જસત ઠંડું પડતાં સંકોચાતું, પરિણામે બીબાં તક્તીમાં બરાબર ભરાય નહિ અને અક્ષર મરોડદાર ન ઉપડે. હાલ જસત જોડે થોડો સુરમો ભેળવાય છે, જેથી એ ધાતુના ફૂલવાના ગુણને લઇને તક્તીમાં બીબાં ભરાય છે અને અક્ષરો ધાટીલા અને મરોડદાર ઉઠે છે. જેવા કોર્યો હોય એવું જ બીબું બની રહે છે.

પ્રસરણ સંબંધી વધારે હકીકત:—ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થ જ્યારે ગરમીથી પ્રસરણ પામે છે—ફૂલે છે ત્યારે ઘણું જોર કરે છે. જો તમે લોઢાનો એક ગોળો બનાવીને તેમાં પાણી ભરો અને તેનું મોં સ્ક્રુથી એવું મજબૂત બંધ કરો કે તેમાંથી પાણી નિકળવા પામે નહિ, પછી એ ગોળાને ખૂબ તપાવો તો પાણીના ફૂલવાના જોરને લીધે એ ગોળો ફાટી જશે.

લોઢાના પુલ, રેલ્વે વગેરે બાંધતાં ઇજનેરોને આ ફુલવાની ગોઠવણ રાખવી પડે છે. રેલ્વેની સડક તો તમે જોઇ હશે. એમાં જડેલા લોઢાના પાટા એક પછી એક એમ બરોબર લગોલગ ન નાંખતાં બે પાટાની વચ્ચે અડધા ઇંચ જેટલો ભાગ રાખવામાં આવે છે. આથી ઉનાળામાં અગર બીજી રીતે પાટા ગરમ થઇ લાંબા થાય તે વખત પોતાની જગ્યાએ જ રહે અને ખસીને વાંકા ન થઈ જાય. જ્યારે ગાડીનાં પૈડાંને વાટ ચઢાવવી હોય છે ત્યારે લુવાર પદાર્થના આ ગુણનો લાભ લે છે. તેઓ પૈડાના પરિઘના કરતાં ઓછી લંબાઇનો પાટો કાપીને તેને ગોળ બનાવીને સાંધી દેછે. ત્યાર પછી એને ખૂબ તપાવે છે, જેથી તે ફુલીને પહોળો થઇ જાય છે તેથી પૈડા ઉપર ચઢી રહે છે. ચઢાવ્યા પછી તેને એકદમ થંડો પાડે છે. થંડો થાય એટલે સંકોચાઇને પૈડાને બહુ જ ભિડાણથી ચપસીને દબાવી રાખે છે. ચઢાવેલી વાટો ઢીલી પડી ગઈ હોય તો આપણે પૈડાં ઉપર ટહાડું પાણી નાંખીએ છીએ. આથી બેવડો લાભ થાય છે. પાણીથી લાકડું ફુલી પૈડું મોટું થાય છે અને પાટો સંકોચાઇ નાનો થાય છે.

પદાર્થની વિશિષ્ટઉષ્ણતા લેવાની શક્તિ:—ગરમી લેવાની શક્તિ સઘળા પદાર્થમાં હોય છે એ ખરૂં, પણ એ શક્તિ બધા પદાર્થમાં સરખી હોતી નથી. જેટલી ગરમીથી કેટલાક પદાર્થ થોડા ગરમ થાય છે એટલી જ ગરમીથી કેટલાક પદાર્થ બહુ તપી જાય છે. આપણે જો ખરે બપોરે નદીએ નહાવા જઇએ તો સુરજના તાપથી રેતી એટલી તપી ગઈ હોય છે કે આપણા પગ દાઝે. જો એટલામાં લીલી ઘાસ ઉગેલી જગા હોય તો એટલી જમીન રેતી જેટલી તપેલી હોતી નથી એથી આપણા પગ દાઝે નહિ. વળી નદીનું પાણી તપેલું જણાતું નથી. એમ કેમ ? સુરજનો તાપ તો બધાંના ઉપર સરખો જ પડે છે છતાં આમ કેમ બને છે ? પાણી અને લીલી ઘાસવાળી જમીન એમના પર પડેલી ગરમીને જાણે ખાઇ ગયાં હોય એમ લાગે છે. રેતી બિચારીથી એ ગરમી ખાઇ જવાતી નથી માટે ઘણી તપી જાય છે !

જેટલી ગરમી વડે એક શેર પાણીમાં એક અંશ ઉષ્ણતામાન વધે છે, તેટલી જ ગરમીથી એક શેર લોઢામાં નવ અંશ, જસતમાં અગીઆર અંશ અને પારામાં ત્રીસ અંશ ગરમી વધે છે.

આપણે શેર પારો લઇએ અને તેને ૯૨° ગરમી સુધી તપાવીએ હવે એમાં શેર ટાઢું પાણી નાંખું. જુઓ, નાંખ્યા પહેલાં પાણીનું ઉષ્ણતામાન માપી લેઉં. જુઓ, પાણીની ગરમી ૩૦° છે. હવે ગરમ પારો અને ટાઢું પાણી બે એકઠાં થયાં એટલે પારો ટાઢો થશે અને પાણી ગરમ થઇ બન્નેની ગરમી સરખી થઈ રહેશે. પણ બીજો તફાવત જોયો ? પાણી માત્ર ૨° અંશ ગરમ થયું અને પારો ૬૦° અંશ ટાઢો પડ્યો. જુઓ, બન્નેની ગરમી ૩૨° માત્ર છે ! આ ઠેકાણે શું બન્યું ? પારામાંથી ૬૦° ગરમી ગઈ અને પાણી માત્ર ૨° જ ગરમ થયું. જે ગરમી વડે પારો ૩૦° ઉનો થાય છે તે ગરમી વડે પાણી માત્ર ૧° ઉનું થાય છે. શેર પારો અને શેર પાણી બે એકઠાં થઈ આપણું મિશ્રણ બશેર થયું છે એ તમે જાણો જ છો. આ ઉપરથી પારાની ગરમી લેવાની શકિત પાણીની એવી શક્તિનો $\frac{1}{30}$ છે એ જણાયું.

આ પ્રમાણે પદાર્થમાં વધારે ઓછી ગરમી લઈ લેવાની જે શક્તિ રહેલી છે તેને પદાર્થવિજ્ઞાનમાં 'વિશિષ્ટઉષ્ણતા' એવું નામ આપ્યું છે.

સરખી ગરમી હોય, પણ જે પદાર્થની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા વધારે હોય તે થેાડા તપે છે, ને જેની ઓછી હોય તે વધારે તપી જાય છે. પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા ૧, લોઢાની $\frac{૧}{૯}$, જસતની $\frac{૧}{૧૦}$, પારાની $\frac{૧}{૩૦}$, તેલની $\frac{૧}{૨}$, પથરાની $\frac{૧}{૬}$ અને ગંધકની $\frac{૧}{૫}$ હોય છે.

રૂપાન્તર:—પ્રથમ કહ્યું છે કે ઘન, પ્રવાહી અગર વાતરૂપ ગમે તે જાતનો પદાર્થ હોય પણ તે ગરમી લગાડયાથી ફૂલે છે. પણ આ ફૂલવાને અમુક હદ હોય છે. એ હદ સુધી પ્રસરણ થઇને પછી તે પદાર્થનું રૂપાન્તર થાય છે. જો પદાર્થ ઘન હોય તો તે વધી વધીને આખરે પ્રવાહી રૂપમાં અને ત્યાર પછી વધી વધીને વાતરુપમાં આવે છે.

એક વાસણમાં સીસું ભરીને તેને ખુબ તપાવીએ તો કાંઇ વખત સુધી તે તપી તપીને ફૂલશે, પણ પછીથી પ્રવાહી રુપમાં આવી જશે. જો તપાવવું જારી રાખશું તો પ્રવાહી રુપમાંથી તે વાતરુપમાં આવી ઉડી જશે.

આપણે જાણીએ છીએ કે બરફ, પાણી અને વરાળ એ ત્રણે રુપ એક જ પદાર્થનાં છે. કોપરાનું તેલ ઠંડુ થાય એટલે થીજી જાય છે. થીજેલું ઘી તપાવીએ એટલે પીગળીને પાતળું પ્રવાહી થાય છે એ તો બધાને ખબર છે. આ ઉપરથી જણાશે કે પદાર્થ ઘન હોય તો તેનું પ્રવાહીરૂપ થાય; અને તેનું વાતરૂપ થાય; માત્ર જરૂર જેટલી ગરમી લગાડવી જોઇએ. કેટલાક પદાર્થ એવા હોય છે કે તેમને તપાવીએ તો તે ઘનનું પ્રવાહીરૂપ ન થતાં પરભાર્યું વાતરૂપ ધારણ કરે છે. કેટલાક પદાર્થને તપાવતાં તેનું પૃથક્કરણ થઈ જાય છે જેમકે લાકડું. જે જે પદાર્થનો તે બન્યો હોય તે બધા ઘટકાવયવો છૂટા થઇ જાય તેને પૃથક્કરણ થવું કહીએ છીએ. પાણી બે વાતરૂપ પદાર્થોનું બનેલું છે, એ

એ વાતરૂપ પદાર્થો, ઓક્સિજન અને હૈડ્રોજન છૂટા પડે એટલે પાણીનું પૃથક્કરણ થયું કહેવાય. આ મનોરંજક વિષય સંબંધી સરળ રસાયન શાસ્ત્રમાં અમે ઘણું લખ્યું છે.

ઘન પદાર્થને તપાવ્યાથી તે પ્રવાહી થાય, પ્રવાહી હોય તો વાતરૂપ થાય એમ કહી ગયા છીએ. એનાથી ઉલટું વાતરૂપને ઠંડક લગાડીએ તો પ્રવાહી અને એને ઠંડક લગાડીએ તો ઘનરૂપ બને એ પણ તમને કહેવું ઇષ્ટ છે.

સઘળા જાણીતા વાતરૂપ પદાર્થ પ્રવાહી રૂપમાં લવાયા છે અને જો આપણે જરૂર જેટલી ઠંડક લગાડીએ તો તેમનું ઘનરૂપ પણ બને જ. પણ એટલી બધી ઠંડક લગાડી શકવાનાં સાધન આપણી પાસે નથી. આમ નથી કરી શકતા તેથી ઉપર કહેલો નિયમ ખોટો છે એમ ન સમજવું. આજે જે આપણે કરી શકતા નથી તે કરવાનાં સાધન કાલે કોઇને માલમ પડે.

ઘી કિંવા મીણને ઉનું કરવાને વધારે ગરમી જોઇતી નથી, પરંતુ લોઢાનો રસ કરવા સારૂ ઘણો જ તાપ કરવો પડે છે. પ્લેટિનમ નામની નવી જડેલી ધાતુનો રસ કરતાં ઘણી જ ગરમી લગાડવી પડે છે.

ઠંડકને લીધે ઘી થીજીને બંધાઇ જાય છે, પાણીનો બરફ થઇ જાય છે, અને પારો પણ બંધાઇ જાય છે. પારાને બંધાઇ જવાને 0° ની પણ નીચે–39° જેટલો ઠંડો કરવો પડે છે. વળી આલ્કોહોલ–મદ્યાર્ક ગમે તેટલો ટાઢો પાડીએ છતાં થીજી જતો જ નથી. ઈ. સ. ૧૮૭૮ ના પાછલા ભાગમાં જીનોવાના પિકટેટ અને સિલિટેટ નામના વિદ્વાન પ્રયોગશાસ્ત્રીઓએ વાતાવરણની હવાને પ્રવાહી રૂપમાં આણી હતી !

અમુક ઘન પદાર્થને પ્રવાહી રૂપમાં લાવતાં કેટલી ગરમી લગાડવી પડે છે તે નીચેના કોઠામાં બતાવ્યું છે.

પદાર્થ	પ્રવાહીરૂપ થવાને કેટલી ગરમી જોઇએ છીએ તે.
લોઢું	૧૫૦૦° ગરમી લગાડીએ તો પ્રવાહીરૂપ ધારણ કરે છે
સોનું	૧૨૫૦° ,, ,,
રૂપુ	૧૦૦૦° ,, ,,
શીસું	૩૨૫° ,, ,,
કલાઈ	૨૩૫° ,, ,,
બરફ	૦° ,, ,,
થીજેલો પારો	૩૯° ,, ,,

આ પ્રકરણમાં ઠંડક એ શબ્દ ઘણી વાર વાપર્યો છે. એનો અર્થ તમને સમજાવવો જોઈએ.

તમારી અગાડી ત્રણ કાચના પ્યાલા મૂકો. તેમાંના એકમાં બરફ વડે ઠંડુ કરેલું પાણી ભરો; બીજામાં ગોળીમાંનું પીવાનું અને ત્રીજામાં નહાવાનું ઉનું પાણી ભરો. હવે તમારી આંગળી બરફવાળા પાણીમાં થોડીવાર બોળી રાખી, કાઢીને ગોળીના પાણીવાળા પ્યાલામાં બોળો. કેમ ગરમ લાગે છે કે નહિ ? હવે પાછી તમારી આંગળી નહાવાના પાણીમાં બોળી રાખી કાઢીને પીવાના પાણીમાં બોળો. કેમ ટાઢું, લાગે છે કે નહિ ? હવે તમને કોઇ પૂછે કે પીવાનું પાણી ગરમ કે ટાઢું તો શો જવાબ દેશો ? બરફવાળા કરતાં ગરમ અને નહાવાના પાણી કરતાં ટાઢું. આ ઉપરથી તમે સમજ્યા જ હશો કે કોઇ પદાર્થ એક પદાર્થથી ટાઢો હોય તેનો તે જ પદાર્થ બીજા પદાર્થથી ગરમ પણ હોય.

વળી એક બીજી વાત કહું. સવારના મોટા પરોઢમાં બહારની ઠંડી હવામાં ઘડી એક ફરીને ઘરમાં આવીને ગોળીનું પાણી પીશો તો તે તમને ગરમ લાગશે. બપોરે ઘડી એક બહાર ફરી આવીને પછી તેની તે જ ગોળીનું પાણી પીશો તો ટાઢું લાગશે. પરતું ઉષ્ણતામાપક યન્ત્રથી સવારે અને બપોરે માપી જોતાં ગોળીનું પાણી સવાર કરતાં બપોરે ઉલટું ઉનું માલમ પડશે.

ત્યારે ઠંડી એટલે ઓછી ગરમી એવો જ અર્થ થયો. એમ નહિ કે ગરમી બિલકુલ નહિ. આપણે જે પદાર્થને ઠંડા કહીએ છીએ તે પણ ગરમ હોય છે. માત્ર એટલું જ કે ગરમી ઓછી હોય છે.

ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રમાં બરફ પીગળવાની ગરમી ૦° લખી છે, પણ ખરૂં જોતાં ૦° ગરમી કયારે હોય એ કહેવાતું જ નથી. બરફથી પણ વધારે ઠંડા એટલે ઓછી ગરમીવાળા પદાર્થ હોય છે, પણ બિલકુલ ગરમી ક્યાં નથી એ કહેવાતું નથી.

ગરમી અને ગુપ્ત ગરમી:—જમીન પર વરસાદનું જેટલું પાણી પડે છે તેટલું બધું કાંઇ વહી જતું નથી. જમીનમાં કેટલુંક પાણી પચે અને જમીન તૃપ્ત થાય, પછી પાણી વહે છે. તે જ પ્રમાણે પદાર્થ પર જેટલી ગરમી પડે તેટલી ગરમી જણાતી નથી. કેટલીક ગરમી તેમાં પચી જાય છે, અને પછી જ્યારે વધારે ગરમી એમાં પચી શકે નહિ ત્યારે બાકી રહેલી ગરમી ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રમાં અગર સ્પર્શવડે જણાય છે. જે ગરમી પદાર્થમાં પચી ગઈ અને ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રવડે અગર સ્પર્શવડે જણાતી નથી તેને ગુપ્ત ગરમી કહે છે.

પાણીની ગુપ્ત ગરમી:—સો અંશ ગરમીવાળું એક શેર પાણી લઇ તેને ૦° ગરમીવાળાં એક શેર બરફ પર રેડીએ તો બરફ પીગળી જશે અને બશેર પાણી થશે. આ પાણીમાં ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્ર મૂકીને તપાસીશું તો તેની ગરમી માત્ર ૧૦° રહી હશે. બાકીની ૯૦° ગરમી કયાં ગઈ? દશ અંશ ગરમી બરફનું પાણી થયું તેમાં છે, તો ૮૦° ગરમીનું શું થયું? શેર પાણી પ્રથમ હતું અને શેર બરફનું થયું તેમાં ૧૦° ગરમી છે, તો ૮૦° ગરમી ક્યાં ગઇ? બરફે પ્રવાહીરૂપ ધારણ કરતાં ૮૦° ગરમી પાણીએ ચુસી લીધી. ઉષ્ણુતામાપક યન્ત્રવડે જણાતી ન હોવાથી એને ગુપ્ત ગરમી કહે છે. હવે તમે સમજ્યા કે પાણીની ગુપ્ત ગરમી ૮૦° છે.

વરાળની ગુપ્ત ગરમી:—જેમ બરફનું પાણી થતાં કેટલીક ગરમી ખપી જાય છે તે જ પ્રમાણે પાણીનું વાતરૂપ થતાં પણ કેટલીક

ગરમી ખપી જાય છે. પાણીની વરાળ થતાં ૫૩૭° ગરમી ખપી જાય છે. બીજી રીતે બોલીએ તો વરાળની વિશિષ્ટ ગરમી ૫૩૭° છે.

બરફને જ્યારે તાપ લાગે ત્યારે તે એકદમ પીગળી જતો નથી. જેમ જેમ એમાં ગરમી આવે તેમ તેમ તેનાં રજકણો પીગળે છે. એ સબબથી બરફનું પાણી થતાં વખત લાગે છે. ઘી તો તમે ઉનું થતાં જોયું હશે. જેવું દેવતા ઉપર મૂકીએ કે પીગળવા માંડે છે અને થોડી વારમાં પીગળી જાય છે. એ જ પ્રમાણે પાણીની વરાળ થતાં પણ વાર લાગે છે.

આ પ્રમાણે રૂપાન્તર થતાં વાર લાગે છે તે સારૂં છે, નીકર આપણે પંચાતમાં આવી પડત. પાણીમાં ચોખા નાંખીને ભાત થવા ચૂલે મૂક્યા કે ગરમી લાગતાં જ પાણીની વરાળ ! ચોખા કોરાને કોરા ! પછી ઉનો, પોચો અને સીજેલો ભાત, શાક બધું ક્યાંથી થાત ?! પછી તો બધું સુકકું અને કોરૂં અને ખણખણતું જ તો ! તેમ જ હિમાલય જેવા પર્વત ઉપરનું બરફ એકદમ પીગળત તો તેથી સિંધૂ, ગંગા, જમના વગેરેમાં એકદમ રેલો આવી જાત અને બધું ઉત્તર હિંદુસ્તાન ડૂબી જાત !

બાષ્પીભવન:—૮૦° ગરમીવાળું શેર પાણી ૦° ગરમીવાળા બરફની જોડે ભેળવીએ તો તે ગરમી બરફનું પાણી થવામાં જતી રહે છે અને થએલા પાણીની ગરમી ૦° રહે છે, એવું તમને પહેલાં કહ્યું. એ ખપી ગએલી ગરમીને ગુપ્ત ગરમી કહે છે તે પણ તમે જાણો છો. પાણી જ્યાં ૧૦૦° ઉકળ્યું કે તેની વરાળ થવા માંડે છે. ધારો કે આપણે પાણીને એવી તદબીરથી ઉકાળીએ કે તેને દર કલાકે ૫૦° ગરમી મળે. ૦° થી ૧૦૦° ગરમીવાળું થતાં બે કલાક લાગશે અને વરાળ થવા લાગશે. ત્યાર પછી એમને એમ તપાવ્યે જઇએ અને લગભગ સાડા દશ કલાક સુધી તપાવીએ તો પાણીને સુમારે સાડી પાંચસેં અંશ ગરમી લાગે એ ખુલ્લું છે. આ પ્રમાણે ગરમી લગાડયા પછી એ પાણીને અને વરાળને માપી જોઇએ તો તેમની ગરમી ૧૦૦° જ જણાશે ! ત્યારે કલાકના પચાશ અંશને હિસાબે સાડા દશ કલાક

સુધી લગાડેલી ગરમી ક્યાં ગઈ? વરાળની ગરમી ૧૦૦° જ કેમ? એ ગરમી વરાળે ચૂસી લીધી અને ઉષ્ણતામાપક યન્ત્રવડે જણાતી નથી; માટે એને વરાળની ગુપ્ત ગરમી કહે છે.

તમને કહ્યું કે પાણી ૧૦૦° ગરમ થયું કે વરાળ થવા માંડે છે. પરંતુ પાણીમાં એક બીજો ગુણ છે તે એ કે પાણી ગમે તેટલી ગરમીએ પણ વાતરૂપ ધારણ કરે છે, એટલે તેની વરાળ થાય છે. જો પાણી ઉનું હોય તો તેની વરાળ ઘણી અને પાણી ટાઢું હોય તો થોડી થાય છે. ફેર માત્ર એટલો જ. ધોએલાં ધોતીઆં સૂકવીએ છીએ તે કેમ સૂકાઈ જાય છે, તેનો તમે વિચાર કર્યો છે? ધોતીઆની અંદરના પાણીની વરાળ થઇને ઉડી જાય છે, એ તો બધા જાણે છે. તમારે ઘેર જઇને એક વાડકીમાં પાણી ભરીને ગોખલામાં મૂકજો. છ સાત દિવસ પછી જોશો તો વાડકીમાં કાંઇએ નહિ રહ્યું હોય. આ રીતે પાણીની વરાળ થઈ જાય છે તેને બાષ્પીભવન એવું નામ આપ્યું છે.

વરાળ વિષે ભૂલ ભરેલી સમજ:—આપણામાં વરાળ વિષે કેટલીક ભૂલ ભરેલી સમજ હોય છે તે સુધારવી જોઇએ. તળાવ અગર નદી કાંઠે ધૃમાડા જેવું દેખાય છે એ વરાળ નથી. તપેલીમાં પાણી ઉનું મૂક્યું હોય અને એમાંથી ધોળા ધૃમાડા જેવું નિકળે છે એ પણ વરાળ નથી. આગગાડીનું ઇંજીન ફૂં ફૂં કરીને ધોળા ગોટેગોટ કાઢે છે એ પણ વરાળ નથી. આ બધાંને વરાળ કહેવામાં આપણે ભૂલ કરીએ છીએ.

વરાળ તો દેખાય નહિ એવી હોય છે! તમે વા દેખો છો? એ જ પ્રમાણે વરાળ પણ દેખાતી જ નથી. વરાળ જ્યારે ટાઢી પડે છે ત્યારે પાણીના રૂપમાં આવે છે ત્યારે તે દેખાય છે; દેખાય છે તે મૂળ વરાળ નહિ પણ પાણીના રૂપમાં આવેલી વરાળ છે. મહાસાગરમાંથી રોજ વરાળ થઇને આકાશમાં જાય છે. ત્યાં તે સ્હેજ ટાઢી પડે છે અને પાણીના રૂપમાં આવે છે અને તેને આપણે વાદળાં તરીકે દેખીએ છીએ. આ વાદળાં વધારે ટાઢાં થઇને વરસાદરૂપે પૃથ્વીપર આવે છે એ આપણે જાણીએ છીએ.

પાણીનું ઉકળવું:—ચૂલા ઉપર પાણી મૂકીએ એટલે તેમાં ગરમી આવવા માંડે છે. એ ગરમીને પહેલાં બે કામ કરવાનાં છે. કેટલીક ગરમી પાણીને ઉનું કરે છે ને કેટલીક તેનું બાષ્પીભવન કરે છે. એ પ્રમાણે પાણીની ગરમી ૧૦૦° થાય ત્યાંસુધી એમ થયાં જાય છે. ત્યાર-પછીની બધી ગરમી બાષ્પીભવન થવામાં જ કામે લાગે છે, અને પાણીનું ઉષ્ણતામાન માત્ર ૧૦૦° જ રહે છે. પાણીની વરાળ થઇને ખળખળ કરતી ઉપર આવે છે ત્યારે આપણે પાણી ઉકળ્યું એમ કહીએ છીએ.

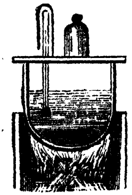
પાણી ઉપર જેમ દબાણ વધારે તેમ તેને ઉકળવાને ગરમી વધારે જોઈએ છીએ:—પાણી ઉપર વાતાવરણનું અથવા બીજું દબાણ જેટલું હોય તેટલા પ્રમાણમાં એને ઉકળતાં ગરમીનો ખપ પડે છે. જો દબાણ વધારે હોય તો પાણી ૧૦૦° કરતાં વધારે ગરમીવડે ઉકળે છે. જો દબાણ ઓછું હોય તો ૧૦૦° કરતાં ઓછી ગરમીએ ઉકળે છે. સમુદ્ર કાંઠે વાતાવરણનું દબાણ વાયુભારમાપક યન્ત્રમાં પારાને સુમારે ત્રીસ ઇંચિ ઉંચો રાખે એટલું હોય છે, તેવી જગાએ. પાણી ૧૦૦ ગરમીવડે ઉકળે છે. મહાબળેશ્વરનો પર્વત દરીયાની સપાટીથી ૪૦૦૦ ફિટ ઉંચો છે. ત્યાં વાતાવરણનું દબાણ છવ્વીસ ઇંચ કરતાં વધારે નથી હોતું. માટે ત્યાં પાણી પણ ૯૬ ગરમીવડે ઉકળે છે. ચ્હાની અંદર કેટલાંક તત્ત્વો ૧૦૦ ગરમી હોય તો જ છૂટાં પડે છે. જ્યાં પાણી ૧૦૦ થી ઓછી ગરમીએ ઉકળે ત્યાં ચ્હામાંથી આ તત્ત્વો છૂટાં પડતાં નથી. આ સબબને લીધે જ પર્વત ઉપર ચ્હા સારી બનતી નથી.

વરાળ યન્ત્રમાં વરાળ બહુ જોરદાર કરવી પડે છે, તેથી પાણી ઉકળવાનું વાસણ–બોયલર બહુ જાડાં લોઢાના પતરાનું બનાવાય છે. એ વાસણ બધી તરફથી બંધ અને માત્ર એક નળીને રસ્તે વરાળ એક પેટીમાં જાય એવી ગોઠવણ હોય છે. નળીમાં જઇને વરાળ એમાંના દટ્ટાને ધકેલે છે. નીચે કે નળીઓમાં પાણી અને ચોતરફ દેવતા હોવાથી પાણી તપી તેની વરાળ બને છે. વરાળને જવાને રસ્તો ન હોવાથી અને વાસણ પણ બહુ મજબૂત હોવાથી,–ફાટી ન જાય એવું હોવાથી,–વરાળ વાસણમાં ઉપલી જગાએ જઇને ભરાય છે. વાસણમાંના ઉકળતા પાણી પર આ વરાળનું દબાણ થાય છે તેથી ૧૦૦° કરતાં વધારે

ગરમી થાય ત્યારે ઉકળે છે. વરાળ ઘણી તપેલી હોવાથી તેમાં ઘ
બળ આવે છે.

પાણી ઉપર વધારે દબાણ હોય તો તેને ઉકળતાં વધારે ગર
જોઇએ અને ઓછું હોય તો ઓછી જોઈએ.

આકૃતિ ૩૦.



એક ધાતુનું વાસણ લઈ તેને સગડી ઉપ
મૂકો, એના ઉપર એક બરાબર બંધ બેસતી તાસ
ઢાંકો, કે તેમાંથી વરાળ નિકળવા પામે નહિ. એ
તાસકમાં એક ગોળ કાણું પાડી તેમાં ઉષ્ણતામાપ
યન્ત્ર બેસારવું. પાણી જેમ જેમ તપે તેમ પારે
ચઢશે. જ્યારે ૧૦૦° થશે ત્યારે પાણીની વરાળ
થશે, અને ઢાંકણાને આઘું ખશેડી દઈને બહા
નિકળશે. હવે એ ઢાંકણા ઉપર તમે એક વજ
મૂકો જેથી બહુ જોર કર્યા વગર વરાળથી બહાર નિકળાય નહિ. વરા
વાસણમાં એકઠી થશે અને તેનું દબાણ પાણી પર થવાથી તેને ઉકળવા
વધારે ગરમી જોઇશે. પાણી જે અત્યાર સુધી ૧૦૦° ઉનું હતું તે હ
વધારે ઉનું થયું. જુઓ ઉષ્ણતામાપક યન્ત્રમાં પારો ઉંચો ચઢયો !

આકૃતિ ૩૧.



પાણી ઉપરનું દબાણ જે
ઓછું થાય તેમ તેને ઉકળવાને
ગરમી ઓછી જોઇએ:—એક કાચન
કુપ્પી લઈને તેને અરધી પાણીથી ભરો
પછી મધાર્કના દીવા ઉપર અંદર
પાણી ઉકળે ત્યાં સુધી ગરમ કરો. વરાળને
લીધે કુપ્પીની અંદરની હવા બહા
નિકળી જશે. પછી કુપ્પીને દીવા ઉપરથ
લેઇ લઇને મજબૂત બૂચ મારો. દીવે
ખસેડી લો અને પાછી એને દીવી ઉપ
મૂકો પણ બૂચ મારેલું મોં નીચે રહે
એમ ઉંધી મૂકો. કુપ્પીની અંદરનું પાણી ઉકળતું બંધ થાય

લૂગડાનો એક ભીનો કડકો લઈને કુપ્પી ઉપર નિચોવો. ટાઢું પાણી નિચોવ્યૂં કે કુપ્પીની અંદરનું પાણી ફરી ઉકળવા માંડશે! વળી રહી જાય એટલે ફરી નિચોવો એટલે ફરી ઉકળશે! પાણીને તપાવીએ ત્યારે ઉકળે એ તો બધાએ જાણે છે પણ ટાઢે પાણીએ પાણી ઉકળે એ કેવો ચમત્કાર! અમારૂં કેવું જાદુ!! પણ હું તમને એ જાદુ સમજાવી દઉં. કુપ્પી ઉપર ટાઢુ પાણી રેડયું નહોતું ત્યારે કુપ્પીમાં એના પાણી ઉપર દેખાય નહિ એવી વરાળ હતી. આ વરાળનું પાણી ઉપર ઘણું દબાણ હતું. જેવું ટાઢું પાણી નાંખ્યું તેવી વરાળ ટાઢી થઇને સંકોચાઈ અને તેથી પાણી ઉપરનું દબાણ ઓછું થયું. અને એમ થતાં જ પાણી ફરી ઉકળ્યું. દબાણ કમી તો ઉકળવાને ગરમીએ કમી જોઈએ એ તો હવે જાણો છો.

પદાર્થનું રૂપાંતર થતાં તેના કદમાં પણ ફેરફાર થાય છે:—જ્યારે પદાર્થનું રૂપાંતર થાય છે ત્યારે તેના આકારમાન એટલે કદમાં ફેરફાર થાય છે. પદાર્થ જ્યારે ઘનમાંથી પ્રવાહી, અને પ્રવાહીમાંથી ઘનરૂપમાં આવે છે ત્યારે તેના આકારમાનમાં બહુ ફેરફાર થતો નથી; પણ જે થોડો ફેરફાર થાય છે તે ઘણા જોરથી થાય છે. પાણી ઠંડીથી જામીને બરફનું રૂપ ધારણ કરે છે ત્યારે ફૂલે છે, એ તમને પ્રથમ કહ્યું છે. જો એક મજબૂત દેગડામાં પાણી ટંકોટંક ભરીને પછી એવું સજ્જડ ઢાંકણું દો કે તેમાંથી પાણી જરીકે બહાર આવી શકે નહિ. પછી એ દેગડાને અંદરનું પાણી ઠરીને બરફ થઈ જાય એટલી ઠંડક લગાડીએ તો દેગડો ગમે તેટલો મજબૂત હશે તો પણ ફાટી જશે. પાણીના આ ગુણને લઈને પર્વતોપર ચીરાડામાં વગેરે જગાએ પાણી ભરાઇ રહે છે અને તે જ્યારે શિયાળામાં ફૂલે ત્યારે પથ્થરની ગદાને ગદાઓ ઉખાડી નાંખે છે અગર એના સાંધા ઢીલા અને છૂટા કરી દે છે, જે પછી બરફ પીગળતાં ગુરૂત્વાકર્ષણથી ગબડી નીચે આવે છે. પૃથ્વીના પૃષ્ટ ઉપર પાણી આમ નિરંતર ફેરફાર કરે છે એથી પાણીને એક ઉપાધી કહી છે. પણ આ વિષય ભૂસ્તરવિદ્યાનો હોઇ અહીં એ સંબંધે બહુ કહેતા નથી.

સરળ ભૂસ્તર વિદ્યા વાંચજો એટલે ઘણો આનંદ થશે.

એ જ પ્રમાણે લોઢું પણ ઠરે છે ત્યારે ફૂલે છે. લોઢાને પીગળાવીને બીબામાં રસ રેડે છે. જ્યારે લોઢું ઠરે છે ત્યારે ફૂલીને ખૂણે ખાચરે ભરાય છે તેથી બધી ભાત બરાબર ખુલી નિકળે છે. સોનું, રૂપું અને તાંબું વગેરે એમ ફૂલતા નથી, સબબ તેને ઢાળીને કાંઇ બનાવાતું નથી. એ ધાતુઓના કાંઈ ભાતવાળા પદાર્થ બનાવવા હોય તો ટોકીને અથવા કોતરીને બનાવાય છે.

પ્રવાહી રૂપમાંથી વાતરૂપમાં આવતાં પદાર્થના આકારમાનમાં બહુ જ અજાયબ જેટલો ફેર પડે છે. એક ઘન ઇંચ પાણીની વરાળને રહેવાને ૧૭૦૦ ઘન ઇંચ જગા જોઇએ છીએ!

ગરમી અને આકર્ષણ એક બીજાથી ઉલટાં છે:—ગરમીની બધી અસર આકર્ષણ શક્તિથી ઉલટી હોય છે. ગરમીને અને આકર્ષણ શક્તિને જાણે લઢાઇ હોય નહિ એવું છે. આ જગતમાં ગરમી એ કાંઇ વિલક્ષણ પ્રકારની શક્તિ છે. જો ગરમી ન હોત તો સઘળા પદાર્થો આકર્ષણથી એકઠા થઇ એક મોટો ગોળો જ થાત! તેમ જ જો આકર્ષણ શક્તિ ન હોત તો ગરમીએ બધા પદાર્થને વાતરૂપમાં આણીને આકાશમાં ફેલાવ્યા હોત! આ બે શક્તિયો છે તો આપણે આ જગતમાં જુદા જુદા પ્રકારના પદાર્થ જોઇએ છીએ.

ગરમીથી થતી ક્રિયાઓ:—ગરમીને લીધે જે જે બનાવ બને છે, તેમાંના મુખ્ય મુખ્યની હવે આપણને ખબર પડી. ગરમીથી પદાર્થ ફૂલે છે. ગરમીથી તેમનું રૂપાંતર થાય છે. પદાર્થ ગમે તેવો સખ્ત પથ્થર જેવો હોય પણ ગરમી તેને નરમ માંખણ જેવો બનાવે છે! એ ધારે તો પદાર્થને પાણીથી એ પાતળો કરી દે! એ ધારે તો એને વાયુ જેવા હલકો કરી દે!

ગરમીનો ઉપયોગ:—ધાતુઓ જુદે જુદે રૂપે જમીનમાં રહેલા છે તેને આપણે કાઢીને જુદી પાડીને માણસોના સુખને સારૂ જુદી જુદી જાતની ચીજો બનાવીએ છીએ. એ બધું આપણે ગરમીની મદદ વડે જ કરી શકીએ છીએ.

રસાયનિક સંયોગ વખતે તો ગરમીનો બહુ જ ખપ પડે છે. જસત અને તાંબુ એ બે ધાતુઓને વર્ષોનાં વર્ષો પાસે પાસે રાખીએ તો પણ તેનો સંયોગ થતો નથી; પરંતુ જો બન્નેને તપાવીએ અને પીગળેલી સ્થિતિમાં એકઠાં કરીએ તો તેઓ એક બીજાની જોડે મળે છે અને પિત્તળ બને. દીવીમાં તેલ પૂરી તેમાં દીવેટ મુકી છાંડીએ તો કાંઈ દીવો થતો નથી. દીવેટને સળગાવવી તો જોઇએ. એકવાર દીવેટ સળગી એટલે પછી તેની અંદરના તેલનું ગરમી વડે પૃથક્કરણ થાય છે. તેમાંથી હૈડ્રોજન અને કાર્બોન છૂટા પડે છે. હવાની અંદરના ઓકિસજન જોડે તેમનો સંયોગ થઈ દીવાની જયોત જણાય છે. દીવાની જ્યોતમાંથી વળી વધારે ગરમી પેદા થઇ વધારે તેલનું પૃથક્કરણ થાય છે. દીવીમાં તેલ હોય ત્યાં સુધી આમ બન્યે જાય છે. તેમ થઇ રહ્યું કે દીવો ઓલવાઈ જાય છે.

રસાયનિક મિશ્રણ થતાં કેટલીક વાર ગરમી અને કેટલીક વાર ઠંડક પેદા થાય છે:— કેટલાંક રસાયનિક મિશ્રણોમાંથી ગરમી પેદા થાય છે અને કેટલાંકમાંથી ઠંડક પેદા થાય છે. કળીચૂનો અને પાણી બે થંડા પદાર્થ છે, પણ જ્યાં એકઠાં કરીએ કે તેમાંથી એટલી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે કે આપણે આંગળી ઘાલીએ તો દાઝી જઇએ. ખાવાનું મીઠું અને બરફનો ભૂકો એને એકઠાં કરીએ તો તેમાંથી ઠંડક પેદા થાય છે. એ ઠંડક બરફથીએ વધારે હોય છે. એટલે બરફમાંથી પણ ગરમી ઓછી થઈ જાય છે. મીઠું અને પાણી એ બેની વચ્ચે રસાયનિક પ્રીતિ બહુ હોય છે. તેથી મીઠું, પાણી જોડે મળી જાય છે પણ બરફનું પાણી થતાં ગરમીનો ખપ પડે છે અને એ ગરમી ગુપ્ત ગરમીને રૂપે રહે છે, એ આપણે જાણીએ છીએ. બરફ એ ગરમી કયાંથી લાવે ? એની પોતાની ગરમી એ રૂપાંતર થતાં ખપે છે અને એ પ્રમાણે ગરમી ગુપ્ત થઇ જવાથી એ મેળવણી થંડી થઈ જાય છે.

હથેલીમાં ઠંડા પદાર્થ મુકતાં તે સ્થળે ઠંડક શા કારણથી લાગે છે:— કેટલાક પદાર્થ ઝડપથી વાતરૂપ ધારણ કરે છે. તેથી ઘણી ઠંડક પેદા કરે છે. જુઓ, હું તમારી હથેલીમાં આ ઇથર નામનો

પ્રવાહી પદાર્થ રેડું છું. કેમ ? બહુ ટાઢું લાગે છે કે ? એનું
સમજ્યા ? ઇથર વાતરૂપ ધારણ કરે છે, પણ એ રૂપ ધારણ કરતાં
જોઇએ તે ક્યાંથી લે છે ? તમારી હથેલીમાંથી; તમારી હથેલીમાં
જેટલી જગામાં છે તેટલી જગામાંથી ગરમી લઇ લે છે. પ
તમને ઠંડક લાગે છે.

પાણીનો એક ગમ્મત ભર્યો પ્રયોગ:—પાણીનો એક
ભર્યો પ્રયોગ કરાય છે. વાયુશોષક યન્ત્રના કાચના વાસણ નીચે એક
રકાબીમાં પાણી ભરીને મુકવું. એ પાણીના વાસણ પાસે કાચના વા
નીચે એક પ્યાલામાં સલ્ફ્યુરિક એસિડ–ગંધકનો તેજાબ ભરીને
બધું બરાબર બંધ બેસતું કરી પછી વાયુ શોષવા માંડવો. પાણી
જેવું હવાનું દબાણ ઓછું થયું કે પાણીનું બાષ્પીભવન થવા
પ્યાલામાંનો ગંધકનો તેજાબ પાણીની વરાળને ચૂશી લેશે કારણકે
વચ્ચે ઘણી રસાયનિક પ્રીતિ છે. જેમ જેમ હવા શોષતા જશો
તેમ તેમ પાણીનું બાષ્પીભવન જલદી જલદી થશે. બાષ્પીભવન
જરૂરની ગરમી પાણી ખૂદ પોતાની અંદરથી જ લઈ લે છે. આ
થતાં ગરમી એટલી ઓછી થશે કે પાણી પોતે પોતાને બરફ બનાવી

**ઉનાળામાં પીવાનું પાણી માટીના બેડાંમાં કેમ રા
છીએ:—**તમે બધાએ જાણો છો કે ઉનાળામાં ધાતુના વાસણમાં
પાણી કરતાં માટીના બેડાંમાં ભરેલું પાણી વધારે ઠંડું હોય છે.
વાસણમાંથી પાણી બહાર ઝમી આવતું નથી પણ માટીનાં વાસ
ઝમે છે. જેમ જેમ ઝમી આવેલા પાણીનું બાષ્પીભવન થાય છે,
તેમ બીજું પાણી ઝમી આવે છે. બાષ્પીભવન થતાં જે ગરમી
તે પાણીમાથી લે છે અને પરિણામે પાણી ટાઢું થાય છે.

તમે ભર ઉનાળામાં ખરે બપોરે નદીએ ગયા હો, તરસ
હોય અને નદીનું પાણી ટાઢું ન હોય તો હું તમને એક યુક્તિ
તમારી પાસે ચોખ્ખું લૂગડું હોય તો તેને પાણીમાં બોળવું પછી
અદ્ધર પહોળું રાખી પવન લાગવા દેવો, એ લૂગડાને નીચોવતાં

ટાઢું હિમ જેવું લાગશે. લૂગડાની અંદરના પાણીનું બાષ્પીભવન થવામાં પાણીની ગરમી જતાં એ ટાઢું થઈ જાય છે.

ટીકીટ લેઇને ટપ મુસાફરી કરવાના દિવસોમાં જુના વખતની અડચણો અને યુક્તિયોનો ખ્યાલ તમને નહોય. ખરા તાપ વખતે ટાઢું પાણી જોઈતું હોય તો એક પાણીનો ઘડો છલાછલ ભરવો. એને મોંએ એક ભીનું લૂગડું બિલકુલ કરચલી ન રહે એમ બાંધવું. પછી આ ઘડાને ઉંધો હવામાં લટકાવવો. થોડીવારમાં ઘડાનું પાણી થંડુગાર જેવું થઈ જશે. એમ કેમ થાય છે એની પુનરૂક્તિ કરવાની જરૂર નથી.

ગરમીનું પ્રવિસરણ:—ગરમી કોઇ દિવસ એક જગાએ રહેતી નથી. નિરંતર ફેલાયાં જ કરે છે. એકાદો ગરમ પદાર્થ બીજા થંડા પદાર્થની પાસે મૂકીએ તો તે પદાર્થમાંથી નિકળીને ગરમી થંડા પદાર્થમાં જવા માંડે છે. ગરમ પદાર્થ થંડો અને થંડો ગરમ થાય છે.

ગરમ પદાર્થને અડવાથી અથવા દેવતાને અડવાથી જ્યારે પદાર્થ ગરમ થાય છે ત્યારે તે એકદમ ગરમ થતો નથી. જે ભાગને અગાડીથી ગરમી લાગે છે તે પહેલો તપે છે, પછી તેની પાસેનો, એ પ્રમાણે બધો પદાર્થ તપી જાય છે. દેવતામાં લોઢાની કડછી મૂકીએ તો પહેલાં તેનો દેવતામાં મૂકેલો ભાગ તપે છે. પછીથી તેનો દાંડો ઉનો થાય છે. છેક છેલ્લો તેનો બીજો છેડો ઉનો થાય છે. જેમ પાણીમાં લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે તેમ ગરમીથી પણ પદાર્થમાં લહેરો ઉત્પન્ન થાય છે.

જુઓ, મારા હાથમાં એક ધાતુનો તાર લઈને તેનો એક છેડો હું આ દીવામાં ધરૂં છું. દીવામાંનો છેડો તપીને લાલચોળ થઇ ગયો! આ બીજો છેડો પણ ગરમ થયો! હવે તો મારાથી ઝલાતોએ નથી! લો, મંગળજી તમે ઝાલો! હું, દાઝો છો કે? ધાતુના આ તારમાં ગરમી આ પ્રમાણે જઇ શકે છે. આવા પદાર્થોને તે ઉષ્ણુતાવાહક છે એમ કહેવાય છે.

હવે આ અગરબત્તી લઈને તેને સળગાવું. જુઓ, એક છેડે બળ્યા કરે છે. આટલી વાર થઈ પણ એ પોતે તપી નથી. લ્યો જોઉં! કેમ

ઉજમશી દાઝો છો કે ? ના ? ! મંગળજી તો તારથી દાઝતા હતા ? ત્યારે જોયું, અગરબત્તીમાં થઈને ગરમી જઇ શકતી નથી. આવા પદાર્થને મંદવાહક કહે છે.

ઉષ્ણતાવાહક અને મંદવાહક પદાર્થો:—આ બે પ્રયોગપરથી તમારા સમજવામાં આવ્યું હશે કે કેટલાક પદાર્થો વહેલા અને બધા તપી જાય એવા હોય છે. જેમાં ગરમી વહેલી અને બધે પસરે એવા પદાર્થને ઉષ્ણતાવાહક કહે છે. જે એમ તપી જતા નથી અને જેમાં ગરમી પ્રવિસરણ પામતી નથી તેમને મંદવાહક કહે છે. સઘળી જાતની ધાતુઓ ઉષ્ણતાવાહક હોય છે. ધાતુના પદાર્થમાં બે ગુણ હોય છે. એક તો એ મજબૂત હોય છે અને બીજે એ જલ્દી તપી જાય છે. આ બે ગુણ હોવાને લીધે ધાતુઓ ઘણા કામમાં વપરાય છે. રાંધવાનાં વાસણ, પાણી ઉનું કરવાનાં વાસણ, પાણી ભરી રાખવાનાં વાસણ બધાં ધાતુનાં હોય છે. આગગાડી અને બીજાં યન્ત્રોમાં વરાળ કરવાનાં ને ભરવાનાં વાસણ પણ ધાતુનાં જ હોય છે, કેમકે તેથી તેની અંદરનું પાણી વહેલું ઉનું થાય છે અને વરાળ થયા પછી વરાળના જોરે આવાં વાસણ ફાટી એ જતાં નથી.

મંદવાહક પદાર્થોની જરૂર—તેનો ઉપયોગ:—મંદવાહક પદાર્થો પણ જરૂરના છે. ઉન, પીંછાં, લાકડું, રૂ, વગેરે પદાર્થો વહેલા તપી જતા નથી અને ગરમી એમનામાં થઈને જઇ શકતી નથી. જેવા જઇએ તો પાણી અને હવા પણ મંદવાહક છે પરન્તુ પ્રવાહી અને વાતરૂપ પદાર્થનાં રજકણો ગરમીથી પ્રસારણ પામી, હલકાં બની ઉંચે જાય છે, અને તેમની જગા પૂરવા બીજાં રજકણો આવે છે. આ નવાં આવેલાં રજકણો પણ ગરમ થાય છે અને ઉંચે જાય છે. એ પ્રમાણે આ પદાર્થોમાં ગરમી ચોતરફ ફેલાય છે. શિયાળામાં આપણે ઉનનાં લૂગડાં પહેરીએ છીએ. આવાં લૂગડાં મંદવાહક હોવાથી આપણા શરીરની ગરમી બહાર જવા દેતાં નથી. તેમ બહારની ગરમીને અંદર આવવાએ

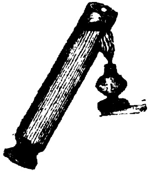
દેતાં નથી. આથી આપણા શરીરની ગરમીનો બચાવ થાય છે. આપણે એને ગરમ લૂગડાં કહીએ છીએ. તે ઉપરથી કાંઇ તેઓ ગરમી ઉત્પન્ન કરે છે એમ સમજવાનું નથી. એ તો શરીરની ગરમી જાળવી રાખે છે એટલું જ.

ઉનાળાના દિવસોમાં 'થંડો બરફ' એવી બૂમ પાડીને શું વેચે છે એ જાણો છો કે નહિ? પાણી ઠંડું કરવાને લોકો એ બરફ લે છે. એ બધો બરફ ક્યાંથી આવે છે? અમેરિકા ખંડ અથવા ઉત્તર મહાસાગરમાંથી બરફ ભરીને મોટી આગબોટો મુંબાઈ પહેલાં આવતી. હવે તો મોટાં મોટાં શહેરોમાં બરફ બનાવવાના સંચા થઇ ગયા છે. પણ આ બધો બરફ ગરમીથી પીગળી ન જાય માટે શું કરાય છે એ જાણો છો? બરફ પીગળી ન જાય માટે એને લાકડાનો વેર, ભુસું, નમદો વગેરે મંદવાહક પદાર્થોમાં દાબી રાખે છે. એને ભરી રાખવાને કરાવેલી પેટીઓમાં પણ વેર, નમદો વીગેરે વસ્તુઓનાં પડ કરાય છે, જેથી બહારની ગરમીને આ મંદવાહકો રોકી રાખે છે અને બરફ પીગળી જતો નથી. બરફને તાપ જ લાગતો નથી. કહો ત્યારે ઉન અને બુનસ-બરનુસ એવા પદાર્થોને ગરમ કહેવા કે ઠંડા ?! આપણે શિઆળામાં પહેરીએ તો આપણને તાપ લાગે-ટાઢ ન વાય-અને બરફને તાપ ન લાગે અને ઠંડો રાખે. તમારા ખ્યાલમાં આવ્યું જ હશે કે એ પદાર્થો ગરમ પણ નથી અને ઠંડા પણ નથી, માત્ર મંદવાહક હોવાને લીધે આવી અસર થાય છે.

ગરમીનો પ્રવાહ—એટલે બીજા પદાર્થોની જોડે મળીને વહેવું:—પાણી સ્થિર હોય છે ત્યાં સુધી તેની અંદર ગરમી જલદી પસરી શકતી નથી. પરંતુ જો તેનો પ્રવાહ ચાલે તો તે પ્રવાહની જોડે જોડે ગરમીનો ફેલાવો જલદી થઇ જાય છે.

એક લાંબી, એક બાજુએ બંધ હોય એવી કાચની નળી લઇએ અને તેમાં એક બે આંગળ બાકી રહે તેટલું પાણી ભરીએ. હવે જો

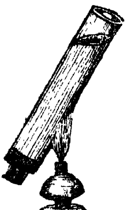
આકૃતિ ૩૨.



નળીના ઉપરના ભાગની નીચે દીવો મૂકીને તપાવીએ તો માત્ર ઉપરનું પાણી ઉનું થશે, અને બાકીનું ઠંડું રહેશે. પાણી અને કાચ બંને મંદવાહક છે માટે ગરમી પસરતી નથી.

હવે એ જ નળીને ફરી ભરીએ, અને ઉપરને બદલે એનું તળીયું દીવા ઉપર ધરીએ. જુઓ, પાણી ઉનું થવા માંડયું ! આપણે તો નીચેનું પાણી તપાવ્યું અને ઉપરનું કેમ તપ્યું વારૂ ? એનો ઉત્તર એટલો જ કે પાણી જો લાકડાના જેવું સખત હોત તો તે માત્ર નીચેથી જ ઉનું થાત. પણ એ પ્રવાહી પડયું એટલે એનાં ફૂલીને હલકાં થએલાં રજકણો ઉપર આવે છે. તેમની જગાએ બીજાં ટાઢાં રજકણો આવીને પ્રવાહ ચાલુ થાય છે. આ પ્રવાહની જોડે જોડે ગરમીનો પ્રવાહ પણ ચાલે છે. બધું પાણી આથી ગરમ થાય છે. આ પ્રયોગ વિષે વિચાર કરશો તો તમને સમજાશે કે પાણી, હવા ઇત્યાદિ પદાર્થોમાં ગરમી સહેલાઇથી ફેલી શકતી નથી, પણ જો તેમાં પ્રવાહ ચાલુ થાય તો ભેગો ભેગો ગરમીનો પ્રવાહ પણ ચાલુ થાય છે અને તે ફેલાય છે.

આકૃતિ ૩૩.



હોજ, તળાવ, કૂવા વગેરેનાં પાણી સ્થિર હોય છે. બપોરે તેમનાં પાણી તપે છે. પણ તપ્યું એટલે હલકું થઇને સપાટી પર ને સપાટીપર રહે છે. પાણી મંદવાહક છે માટે નીચેનું પાણી તપતું નથી. હવે શિયાળો હોઇ બહુ જ ટાઢ પડી એમ ધારો. આથી સપાટી ઉપરનું પાણી ટાઢું થઇ ભારે થાય તેથી ડૂબીને નીચે જાય અને નીચેનું ઉપર આવે એ પ્રમાણે નીચેનું પાણી ટાઢું અને ઉપરનું ગરમ હોય છે.

પાણી ગરમીના સામાન્ય નિયમનો એક અપવાદઃ—પાણી ગરમીના ઉપર કહેલા સામાન્ય નિયમના અપવાદરૂપ છે. સેંટિગ્રેડ

ઉષ્ણતામાપક યન્ત્રના ૦° થી તે ૪° સુધીમાં પાણી ઉપર કહ્યું તેનાથી ઉલટી રીતે વર્તે છે. સો અંશ ગરમીવાળું પાણી ટાઢું થતાં થતાં ૪° ગરમીએ આવે છે એમ ધારો. જેમ જેમ ગરમી ઓછી થતી જાય તેમ તેમ ઉપરનું પાણી નીચે અને નીચેનું ગરમ પાણી ઉપર એમ બે પ્રવાહ ચાલ્યા કરે. પણ એમ થતાં થતાં જ્યાં ૪° થયું કે એમ પ્રવાહ થતો અટકે છે. ૪° થી ૩° ગરમી થઈ કે પાણી સંકોચાતું નથી પણ ઉલટું ફૂલે છે. ફૂલે એટલે હલકું થાય છે. હલકું થાય એટલે ઉપર જ રહી જાય છે. ૨° થાય એટલે વળી વધારે ફૂલે. ૧° અને પછી ૦° ગરમી થાય એટલે વધારેમાં વધારે ફૂલે છે, અને તેથી ઉપરને ઉપર રહે છે. આમ જ્યારે નદી, નાળાં, સમુદ્ર અને જળાશયનાં પાણી પર બરફ જામે છે ત્યારે નીચેનું પાણી ૪° ગરમીવાળું અને પ્રવાહી રૂપમાં જ રહે છે. આ વિષે અગાડી કહી ગયા છીએ.

મહાસાગરોમાં વહન થવાનું કારણ:—પાણીના પ્રવાહ જોડે જોડે ગરમીનો પ્રવાહ પણ ચાલે છે તેનો એક મોટો દાખલો તો મહાસાગરોનો છે. ઉષ્ણકટિબંધમાં સૂર્ય માથા પર હોવાથી ત્યાંનું પાણી વધારે ગરમ થાય છે. સમશીતોષ્ણકટિબંધ અને શીતકટિબંધમાં એમ થતું નથી. ત્યાંનું પાણી એમ તપતું નથી અને ટાઢું હોય છે. ગરમ પાણી હલકું હોવાથી ઉપરની બાજુએથી શીતકટિબંધ તરફ અને ત્યાંનું ટાઢું અને ભારે પાણી નીચલી તરફથી ઉષ્ણકટિબંધ તરફ નિરંતર વહ્યાં કરે છે. આમ ગરમીને લીધે મહાસાગરમાં વહન પેદા થાય છે. કટિબંધ એટલે શું તે તમે જાણો એટલી ભૂતળવિદ્યા તમને આવડે છે એમ માની લઈએ છીએ.

વાતાવરણમાં વહન—પવન પેદા થવાનું કારણ:—વાતાવરણમાં પણ એવા જ કારણને લઈને હવાના પ્રવાહ ચાલે છે. હવા ગતિમાન થાય ત્યારે આપણે એને પવન કહીએ છીએ, એ તો તમને ખબર જ હશે. ઉષ્ણકટિબંધમાંથી એ પવન ઉંચે જાય છે. અને એની ખાલી પડેલી જગા ઉપર શીતકટિબંધમાંની ટાઢી હવા આવે છે.

વિષુવવૃત્ત તરફથી ઉંચેથી ધ્રુવ તરફ અને ધ્રુવ તરફથી નીચેની હવા વિષુવવૃત્ત તરફ આવે છે. આમ આ બે મોટા પવન પેદા થાય છે. શીતકટિબંધમાંથી નિકળેલા પવનની દિશા ઉત્તર અને દક્ષિણથી વિષુવવૃત્ત તરફ અને વિષુવવૃત્ત આગળથી નિકળેલા પવનની ગતિ ઉત્તર ગોળાર્ધમાં ઉત્તર અને દક્ષિણ ગોળાર્ધમાં દક્ષિણ તરફની હોય છે. છતાં પૃથ્વીની દૈનિકગતિને લીધે એ દિશા બદલાય છે. આ મનોરંજક વિષયનું વધારે વર્ણન ભૂતળવિદ્યાનો વિષય હોઇ તે વિજ્ઞાનનાં પુસ્તકોમાં હોય છે.

સુરજની ગરમીથી દિવસે જમીન જેટલી તપે છે તેટલું દરિયાનું પાણી તપતું નથી. તેથી ત્યાંની હવા ઠંડી હોય છે. જમીન ઉપરની હવા ગરમ હોવાના સબબથી ઉંચે ચઢે છે અને તેની જગા પૂરવાને દરિયાની ઠંડી હવા આવે છે. દરિયાકાંઠે સાંજે ઠંડા પવન આવે છે તેનું કારણ આ છે. એથી ઉલટું રાત્રે જમીન વહેલી ટાઢી પડે છે અને પાણી વહેલું ટાઢું પડતું નથી. તેથી સવારે જમીન તરફનો પવન દરિયા તરફ જાય છે.

આવી જ રીતે આપણા રસોડાની અથવા જે ઓરડામાં ચૂલા સળગાવ્યા હોય છે તેની હવા પાતળી થઇ ઉંચે ચઢે છે. બહારની બીજી હવા બારણાં વાટે ત્યાં આવે છે. ઓરડામાં તાપ સળગાવ્યો હોય તે વખતે જો બારણામાં ઉભા રહો તો તમને તરત લાગે કે હવા કેવા જોરથી ઓરડામાં ધસે છે.

ગરમી અને પ્રકાશનું સીધી લીટીમાં ફેંકાવું:—ગરમ પદાર્થને અડકવાથી બીજા પદાર્થમાં ગરમી કેવી રીતે જાય છે અને તે પદાર્થ કેવી રીતે ગરમ થાય છે તે આપણે જોયું. તેમ જ તે પદાર્થ પ્રવાહી હોય તો તેના પ્રવાહની જોડે જોડે ગરમીનો પ્રવાહ ઉત્પન્ન થઇ તે પદાર્થ કેવી રીતે ગરમ થાય છે એ પણ જોયું. હવે ગરમી અને પ્રકાશ સીધી લીટીમાં કેવી રીતે ફેંકાય છે તે જોઇએ. તાપણી કરીને આપણે તાપવા બેઠા હોઇએ ત્યારે છેટેથી પણ આપણને એનો તાપ લાગે છે, અને પ્રકાશ જણાય છે. સૂરજ પૃથ્વીથી આટલો બધો દૂર

હોવા છતાં પણ આપણને તેનો પ્રકાશ અને ગરમી મળે છે. સૂરજ, અગ્નિ ઇત્યાદિનાં કિરણો તેમનાં મધ્યબિંદુમાંથી નિકળીને ચોતરફ ફેલાય છે +ગોળકના કેંદ્રમાંથી* ત્રિજ્યાઓ નિકળીને પૃષ્ટભાગ સુધી કેવી રીતે જાય છે તે તમે જાણો છો. કેમકે તમે ભૂમિતિ ભણ્યા છો. આ પ્રમાણે કેંદ્રમાંથી ચોતરફ સીધી લીંટીમાં ગરમીના ફેલાવાને તેનુ સીધી લીંટીમાં ફેંકાવું કહીએ.

દેવતામાં એક લોઢાનો ગોળો તપાવવા મૂકીએ. જ્યાં સુધી એ તપ્યો નથી ત્યાં સુધી આપણે એને આંગળી અડાડીને કેટલો ઉનો થયો તે જોઈ શકીશું, પણ જ્યાં વધારે ઉનો થયો કે પછી એની પાસે આંગળી લઇ જઇશું કે આપણને તાપ લાગશે. આ પ્રમાણે તપતાં તપતાં ગોળો ચળકવા લાગશે. પહેલાં તે ગોળો તપીને લાલ થશે; પછી પીળો પછી ધોળો અને પછી ઘણો તેજસ્વી જણાશે.

પ્રકાશ.

ગરમી અને પ્રકાશ એ એક જ છે:—જેમ અવાજ આપણને કાનવડે સંભળાય છે તેમ ગરમી આપણને ચામડીવડે જણાય છે. પ્રકાશ આપણને આંખવડે જણાય છે. ઇલાસ્ટિક ઇથરમાં ઉત્પન્ન થએલી લહેરો ચામડીને લાગે તેને આપણે ગરમી કહીએ છીએ. નજરે જણાય તેને પ્રકાશ કહીએ છીએ. બાકી ક્રિયા તો એકની એક જ. ગરમી એટલે દેખાય નહિ એવો પ્રકાશ; પ્રકાશ એટલે દેખાય એવી ગરમી. એમ કહીએ તો કાંઈ ખોટું નથી.

સ્વપ્રકાશક અને પરપ્રકાશક પદાર્થો:—પ્રકાશના સંબંધમાં પદાર્થના સ્વપ્રકાશક અને પરપ્રકાશક એટલે પોતાના તેજવાળા અને

+ ગોળક એ ઘન આકૃતિ છે. એની અંદરના એક બિંદુથી એના પૃષ્ટ ભાગ સુધી દોરેલી બધી લીંટીઓ સરખી હોય છે. આ લીંટીઓને ત્રિજ્યા કહે છે.

* ગોળની અંદરના જે બિંદુમાંથી નિકળેલી પૃષ્ટ ભાગ સુધી ગએલી બધી ત્રિજ્યા સરખી હોય છે તે બિંદુને ગોળકનું કેંદ્ર કહે છે.

બીજાના તેજથી ચળકતા એવા બે ભાગ પડે છે. સૂરજ, તારા વગેરે કેટલાક આકાશી પદાર્થો સ્વપ્રકાશક છે. તેમનામાંથી નિકળી પ્રકાશનાં કિરણ આપણી આંખને લાગે છે. પથરા, માટી, લાકડાં એ પદાર્થો પરપ્રકાશક છે, કેમકે એમની પોતાની અંદરથી કાંઇ તેજ નિકળતું નથી. આવા પદાર્થોપર બીજાનું તેજ પડે છે તેથી તેઓ પ્રકાશીત થઈ તેનાં કિરણો આપણી આંખપર ફેંકે છે. આમ થાય છે માટે આપણે તેમને દેખીએ છીએ. કોઇ પણ પદાર્થ ઉપર બીજા પદાર્થમાંથી પ્રકાશ આવે છે ત્યારે ત્રણ પરિણામ થાય છે. કેટલાંક કિરણો તે પદાર્થમાંથી પરાવર્તન પામે છે એટલે પાછાં ફેંકાય છે. કેટલાંક તેમાં થઈને બીજી તરફ નિકળી જાય છે અને કેટલાંક તે પદાર્થમાં જ અદૃસ્ય થઇ જાય છે.

સવારે સૂરજ ઉગ્યો કે પ્રકાશ ચોતરફ ફેલાય છે, અને નદી, નાળાં, સરોવર, પર્વત, ઘર ઇત્યાદિ ઉપર પડે છે. ત્યાંથી પરાવર્તન પામી આપણી આંખપર પડે છે જેથી આપણે તેમને દેખીએ છીએ.

પદાર્થને આપણે શી રીતે જોઇ શકીએ છીએઃ—રાત્રે દીવો કરીએ છીએ તેનો પ્રકાશ પણ બધી વસ્તુઓ ઉપર પડે છે, અને આપણે તેમને દેખીએ છીએ. દીવો, સૂરજ, તારા વગેરે બીજા પ્રકાશ આપનારા પદાર્થો ન હોત તો બધે અંધારૂં ઘબ થઇ રહેત. પાસેની વસ્તુઓને આપણે અડકીને પારખીએ, પણ એ બધું ધૂળ. જેમ અજવાળાવડે દેખાય એમ લાગે નહિ. તમે કહેશો કે અજવાળાનાં કિરણ પદાર્થ ઉપર પડયાં તેમાં આપણાથી દેખાય શું કરવા? એનું કારણ એ કે અજવાળાનાં કિરણ પદાર્થ ઉપર પડે અને ત્યાંથી પરાવર્તન પામી આપણી આંખમાં રહેલા જ્ઞાનતંતુ ઉપર પદાર્થની છાપ પાડે તો, તેથી આપણે દેખીએ. જો કિરણ આપણી આંખમાં જાય નહિ તો આપણે તે પદાર્થને દેખીએ નહિ. દીવો કે બીજા પ્રકાશિત પદાર્થ અને આપણી આંખની વચ્ચે આડો હાથ રાખીએ તો તે આપણાથી દેખાય નહિ. વચ્ચે આવનાર પદાર્થ એવો હોય કે જેમાં થઇને પ્રકાશનાં કિરણો બીજી તરફ નિકળી શકે તો વળી આપણે દેખીએ. કેટલાક પદાર્થ એવા

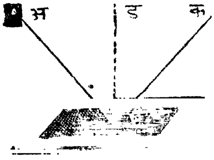
હોય છે કે તેમાંથી પ્રકાશનાં કિરણો આરપાર નિકળી શકે અને કેટલાક એવા હોય છે કે જેમાં થઇને પ્રકાશનાં કિરણો આરપાર ન નિકળી શકે. પહેલી જાતના પદાર્થને આપણે પારદર્શક અને બીજી જાતનાને અપાર-દર્શક પદાર્થ કહીએ છીએ. કાચ, પાણી, હવા વગેરે પદાર્થો પારદર્શક છે. કેટલાક પદાર્થ વળી અર્ધપારદર્શક કહેવાય છે; તેઓમાંથી પ્રકાશ ઓછો આરપાર નિકળી શકે છે.

કેટલાક પદાર્થ ગરમીનાં કિરણોને આરપાર જવાદે છે પણ પ્રકાશનાં કિરણને જવા દેતાં નથી. કેટલાક ગરમી અને પ્રકાશ બન્નેનાં કિરણોને આરપાર જવાદે છે. સિંધવ (રોકસોલ્ટ), ગંધક વગેરે પદાર્થ પોતાની અંદર થઇને ગરમીને જવાદે છે પણ પ્રકાશને જવા દેતા નથી. હવા, પાણી અને કાચ એ ગરમી અને પ્રકાશ બન્નેને જવા દે છે.

કિરણનું પરાવર્તન:—આપણે કોઇ તળાવ કે નદી પાસે જઇએ તો કાંઠા પરનાં ઝાડ ઘર વગેરે એમાં દેખાય છે. વળી એ બધાં પાણીથી જેટલાં ઉંચાં હોય તેટલાં જ પાણીમાં ઉંડાં દેખાય છે. પાણીમાં જે દેખાય છે તેને બહારના પદાર્થનાં પ્રતિબિંબ કે પડછાયો કહીએ છીએ.

તકતામાં દીવાનો પડછાયો જોઇએ તો દીવો જેટલો તકતાની આણીમેર હશે તેટલો જ તકતાની પેલીમેર જણાશે. આ બધું કિરણોના પરાવર્તન પામવાને લીધે થાય છે. પદાર્થ ઉપર પડેલાં કિરણો કેવી રીતે પરાવર્તન પામે છે તે જોવાને આપણે પ્રયોગ કરી જોઇએ.

આકૃતિ ૩૪.



એક અંધારી ઓરડીમાં જઇને જ્યાં* રજાળિયું પડતું હોય ત્યાં એક પાણીનું ભરેલું વાસણ અગર આરસી મૂકવી. રજાળિયાને રસ્તે સૂરજનું કિરણ પાણીમાં અગર આરસી ઉપર પડીને પછી બીજી બાજુ તરફ પરાવર્તન કેવું પામે છે તે તમને સહજ જણાશે.

---

* રજાળિયું=છાપરૂં અથવા બીજી જગોએ એવું કાણું હોય કે જેમાંથી

બાજુપરની આકૃતિમાં **અ** આગળથી રજાળિયું આવીને **બ** આરસી ઉપર પડે છે. તો એનું પરાવર્તન રજાળિયાની પડવાની જગાએ લંબ દોર્યો હોય અને એ લંબની જોડે રજાળિયું જેટલો ખૂણો કરતું હોય તેટલો જ ખૂણો કરીને સામી તરફ પરાવર્તન પામશે. આરસી ઉપર **બ** ડ લંબ છે **અ બ** રજાળિયું **બ** ડ જોડે **અ બ** ડ ખૂણા જેટલો ખૂણો કરીને ક તરફ પરાવર્તન પામે છે, એવી રીતે કે ડ **બ** ક ખૂણો **અ બ** ડ ખૂણાની બરોબર થાય. કહેવાની મતલબ એ છે કે રજાળિયું જેટલો વાંક પડતાં કરે છે તેટલો જ સામી બાજુએ પરાવર્તન પામતાં પણ કરે છે.

તેમજ કિરણની આવવાની લીંટી **અ બ**, લંબ ડ **બ** અને પરાવર્તનની લીંટી **બ ક** એક જ સપાટીમાં હોય છે. અંધારામાં આવતાં રજાળિયામાં જે કચરો ઇત્યાદિ ઉડે છે તે તેના ઉપર સૂરજનો પ્રકાશ પડવાથી પ્રકાશિત થાય છે. એ ઉડતાં કચરાનાં ઝીણાં રજકણો ઉપરથી કિરણો આપણી આંખની અંદરનાં જ્ઞાનતંતુ ઉપર પડવાને લીધે આપણે તેને દેખીએ છીએ.

દેખીતી ભૂલ:—તકતા અગર આરસીમાં તમે મોં તો ઘણીએ વાર જોયું હશે. આપણે જ્યારે મોં જોઇએ છીએ ત્યારે આબેહૂબ લાગે છે પરંતુ તેમાં એક તરેહની ભૂલ થાય છે એનો ખ્યાલ તમને આવ્યો છે ? જો કોઈ બીજો માણસ આપણા સામું મોં કરીને ઉભો રહે તો તેનો ડાબો હાથ, ડાબો પગ, ડાબો કાન વગેરે આપણા જમણા હાથ, જમણા પગ અને જમણા કાન સામે આવે છે. સામા માણસનો જમણો કાન આપણા ડાબા કાનની સામે આવે છે. એમ છે છતાં આરસામાં જોતાં આપણો જમણો કાન આપણા જમણા કાનની સામે આવે છે ! ટૂંકામાં આપણું જમણું અંગ જમણા અને ડાબું ડાબાની જ સામે દેખાય છે. આપણા ડાબા અને જમણા અંગમાં ઘણો તફાવત ન હોવાથી આ વાત આપણા લક્ષમાં એકદમ આવતી નથી.

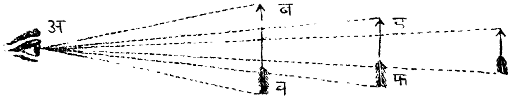
સૂરજનું અજવાળું આવતું હોય, અને તેથી અજવાળાના થાંભલા જેવું જણાય છે તે.

હું કહું એમ કરો તો આ વાત તરત જણાઈ આવે. તમારી ટોપી ડાબી બાજુ તરફ વાંકી પહેરો, ડાબી તરફ એક છોકરાને અને જમણી તરફ એક છોકરીને તેડો. પછી જુઓ, શું દેખાય છે? તમારી ટોપી જમણી તરફ વાંકી મૂકી હોય, તમારી જમણી તરફ છોકરો અને ડાબી તરફ છોકરી હોય નહિ એમ જણાશે.

એકાદ લખેલો કે છાપેલો કાગળ લેઈ તકતા સામે ધરીને એનું પ્રતિબિંબ પડે તે વાંચવા યત્ન કરશો તો તમારાથી વંચાશે નહિ. કારણ એના અક્ષરો ઉલટા પડેલા હશે.

પદાર્થનો દર્શકકોણ:—પદાર્થ જેમ જેમ આપણી પાસેથી દૂર જાય છે તેમ તેમ તેનો દર્શકકોણ નાનો થતો જાય છે; તેથી પદાર્થ નાનો દેખાય છે. એ વાત નીચેની આકૃતિથી ઠીક સમજાશે.

આકૃતિ ૩૫.



જો જોનારી આંખ **અ** અગાડી હોય, અને **બક** પદાર્થને જોતા હોઈએ તો **બ** અગાડીથી આંખમાં આવનાર **બ અ** કિરણ અને **ક** અગાડીથી **ક અ** કિરણ અને તેમનાથી થએલો **બ અ ક** ખુણો તે દર્શકકોણ; એ જ પદાર્થને દૂર ખસેડીને **ડ ફ** જેટલો દૂર લઈ જઈએ તો તે જગાએથી આવતાં **ડ અ** અને **ફ અ** કિરણોથી થએલો **ડ અ ફ** દર્શકકોણ તે **પ્રથમના બ અ ક** દર્શકકોણ કરતાં નાનો છે એ દેખીતું જ છે. પદાર્થને વળી વધારે દૂર લઈ જઈએ તો ત્યાંથી આવતાં કિરણોથી બનેલો દર્શકકોણ વળી નાનો થશે. દર્શકકોણ નાનો મોટો હોવાથી પદાર્થ જાતે નાનો મોટો દેખાય છે.

પાસેની વસ્તુઓ મોટી અને દૂરની નાની જણાય છે એતો આપણે બધા જાણીએ છીએ. આપણે જાણીએ છીએ કે રેલ્વેના પાટા ગમે

તેટલા લાંબા નાંખ્યા હોય પણ તેઓ એક બીજાને સમાન્તર જ નંખાય છે. અમદાવાદથી મુંબાઇ સુધી નંખાયલા પાટા ઠેઠ સુધી સમાન્તર જ હોય છે છતાં જો સડકપર ઉભા રહીને પાટા જોઇએ તો આગળ જતાં સાંકડા થતા થતા છેવટે મળી ગએલા જણાશે. એ સરખા કદની સામસામે મૂકેલી બારીઓમાંથી જોઇએ તો પાસેની બારી કરતાં આઘી સામેની બારી નાની જણાય છે. આ બધું દર્શકકોણ નાનોમોટો હોવાથી બને છે.

અંતર્ગોળ અને બાહ્યગોળ આરસી:—કાચના એકાદા પોલા ગોળાને કાપીએ તો તેના એક બાજુ ખાડા વાળી એને બીજી બાજુ પુરી જેવી ફૂલેલી એવા બે ભાગ થાય છે. આ કાપેલા અર્ધગોળને જુદી જુદી બાજુ ઉપર કલાઇ ચઢાવ્યાથી બે જુદી જુદી તરેહના આરસા થાય છે. ખાડાવાળી બાજુએ કલાઇ ચડાવ્યાથી બાહ્યગોળ અને ફૂલેલી બાજુએ કલાઇ ચઢાવ્યાથી અંતર્ગોળ આરસા બને છે. તકતાને માંહીની બાજુએ કલાઈ ચઢાવ્યાથી બીજી બાજુએ પ્રતિબિંબ જણાય છે એતો તમે જાણો છો.

સપાટ આરસા:—બાહ્યગોળ અને અંતર્ગોળ આરસા સિવાય ત્રીજી જાતના આરસા તે સપાટ કાચના બનાવાય છે. કાચ જાતે પારદર્શક છે. તેની એક બાજુએ કલાઇ ચઢાવવવાથી તે અપારદર્શક બની તેના ઉપરથી કિરણો પરાવર્તન પામે છે માટે તકતામાં આપણું પ્રતિબિંબ જણાય છે. વાસણને કલાઇ દેતાં તેને તપાવે છે અને પછી નવસાર ભભરાવી કલાઈ ઘસે છે એતો તમે જોયું હશે. કોઓ એવો છે જેણે નાનપણમાં કલાઇગરાનો દેવતા છાંટી નાંખ્યા પછી ત્યાંથી કલાઇની ઝીણી ઝીણી ગોળીઓ વિણી નહિ હોય ! પણ કાચ તો એવી વસ્તુ છે કે તેને દેવતામાં મૂકે તો ફૂટી જાય. ત્યારે કાચ ઉપર કલાઈ શી રીતે ચઢાવતા હશે ? બરોબર સપાટીવાળા લાકડાના કે એવા ચોકઠામાં, કલાઈ અને પારો બન્નેને એકઠાં ઘૂંટીને તૈયાર કરેલા પદાર્થને સરખો પાથરીને તેના ઉપર કલાઈ ચઢાવવી હોય તે કાચને મૂકે છે. વચ્ચે હવાની પરપોટી ન આવે એવી કાળજી રાખવી પડે છે. પછી એના ઉપર બરાબર દબાણ

કરીને ભાર મૂકે છે જેથી દબાણ થઇને છૂટો રહેલો પારો બાજુએથી નિકળી જાય છે. આમ કેટલાક દહાડા રહેવા દેવાથી છૂટો પારો બધો નિકળી જઇ કલાઇ કાચને વળગી રહે છે. આમ કર્યા પહેલાં કાચને બરોબર સાફ કરવો જોઇએ નિકર તકતામાં દાઘ રહી જાય છે. કલાઇ અને પારો એ સાથે ઘૂંટવાથી તેઓ મળી જાય છે અને મલમ જેવો પદાર્થ બની રહે છે. પારાના પ્યાલા. અને પારાનાં શિવલિંગ આવી રીતે જ પારો અને કલાઇ એની મેળવણી કરીને બનાવાય છે.

સપાટ આરસામાં દેખાતો દેખાવઃ—સપાટ આરસાની અગાડી જો કોઇ પદાર્થ મૂક્યો હોય તો તેનું પ્રતિબિંબ આ બાજુએ પદાર્થ જેટલો દૂર હોય તેટલો જ અંદરની બાજુએ દૂર દેખાય છે. પદાર્થનું પ્રતિબિંબ સુલટું—એટલે ઉપરની બાજુ ઉપર અને નીચેની નીચે એવું—દેખાય છે. તેમ જ તે નાનું મોટું ન દેખાતાં પદાર્થ જેવડું જ દેખાય છે. પરન્તુ ડાબું એ જમણું અને જમણું એ ડાબું દેખાય છે.

અંતર્ગોળ અને બાહ્યગોળ આરસામાં એમ દેખાતું નથી. એવા આરસામાં પ્રતિબિંબ કેવું પડે છે તેના નિયમ હોય છે.

અંતર્ગોળ આરસામાં જોતાં દેખાવઃ—અંતર્ગોળ આરસાના વાંકના મધ્યની પેલીમેર કોઇ પદાર્થ મૂકીએ તો તેનું પ્રતિબિંબ આરસીની અગાડીની બાજુએ તેની અડધી ત્રિજ્યાના કરતાં કાંઇક વધારે દૂર દેખાય છે. આ પ્રતિબિંબ મૂળના કરતાં નાનુ અને ઉંધું દેખાય છે. પદાર્થને ત્યાંથી જેમ જેમ વાંકના મધ્યની પાસે લાવીએ તેમ તેમ તે પ્રતિબિંબ વધારે વધારે નાનું થતું થતું મધ્ય તરફ જતું જણાય છે. પદાર્થ બરાબર મધ્યમાં આવ્યો કે પ્રતિબિંબ પણ મધ્યમાં આવે છે. આ જગાથી પદાર્થને ખસેડીએ તો પણ પ્રતિબિંબ ઉંધું જ દેખાય છે. જેમ જેમ દૂર જાય તેમ તેમ વધારે વધારે મોટું અને ઝાંખુ થતું થતું મધ્યની પેલી મેર જતું હોય નહિ, એમ લાગે છે. જેવો તે પદાર્થ આરસાની અર્ધી ત્રિજ્યા જેટલો પાસે આવે કે પ્રતિબિંબ સમૂળગું દેખાતું નથી; પરંતુ પદાર્થને અર્ધી ત્રિજ્યા કરતાં વધારે પાસે લઈ જઇએ તો તેનું પ્રતિબિંબ આરસાની પછવાડીની બાજુએ દૂર દેખાવા માંડે છે.

આ પ્રતિબિંબ ઉંધું અને મોટું હોય છે. પદાર્થને આરસાને અડકાડીએ તો પ્રતિબિંબ પણ અડકેલું અને પદાર્થ જેવડું જ દેખાય છે. આવી આરસીમાં બહુ જ પાસેથી મોં જોઇએ તો ઉંધું ન દેખાતાં સીધું અને જાડું દેખાય છે.

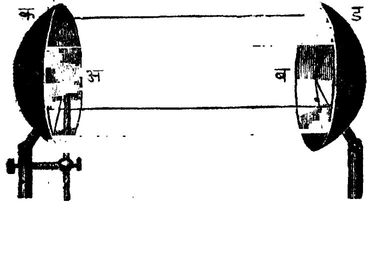
બાહ્યગોળ આરસામાં જણાતો દેખાવઃ—બાહ્યગોળ આરસાની અગાડી પદાર્થને મૂકીએ તો તેનું પ્રતિબિંબ આરસાની પછવાડી અવળું દેખાય છે. આ પ્રતિબિંબ પદાર્થ કરતાં પાસે અને એના કરતાં નાનું દેખાય છે.

અંતર્ગોળ અને બાહ્યગોળ આરસામાં આવી રીતે દેખાય છે તેનો ઉપયોગ વિલાયતમાં અને વખતે મુંબાઇમાં પણ ભોજનગૃહવાળા જાહેર ખબર તરીકે કરે છે! દુકાન ઉપર એક બાજુએ બાહ્યગોળ તકતો મૂકીને ઉપર લખ્યું હોય છે કે "અમારે ત્યાં જમ્યા પહેલાં"; અને બીજી બાજુએ અંતરગોળ તકતો મૂકીને "અમારે ત્યાં જમ્યા પછી". બાહ્યગોળ તકતામાં મોં નાનું અને પાતળું અને અંતર્ગોળમાં મોટું અને જાડું જાડું દેખાય છે માટે આ ગમ્મત કરી છે. એવું સૂચવવા કે અમારે ત્યાં જમ્યાથી થોડીવારમાં કેવા જાડા થઈ ગયા!

પ્રતિબિંબ ઉપર કહ્યા પ્રમાણે શું કરવા જણાય છે અને નાનું, મોટું, જાડું, અને પાતળું કેમ જણાય છે તે સમજવાને તમારામાં ભૂમિતિનું વિશેષ જ્ઞાન જોઈએ, માટે એ સંબંધે અહીં વધારે કહેતા નથી.

પરાવર્તક એ ધાતુનાં બે અર્ધગોળ વાસણ હોય છે. એમની અંદરની બાજુ ઘણી સાફ ચકચકિત કરેલી હોય છે. એ પરાવર્તકના કેંદ્રમાં એટલે અંદરની બાજુના મધ્યમાં કાંઈ તેજવાળો પદાર્થ મૂકીએ તો તેનાં કિરણ પરાવર્તક ઉપર પડીને પરા-

આકૃતિ ૩૬.



વર્તન પામે છે, અને સમાંતર ગતિથી જાય છે. એ પરાવર્તકની સામે જો બીજું પરાવર્તક મૂક્યું હોય તો પેલાં પરાવર્તન પામેલાં કિરણ એના ઉપર પડે છે. એમ થવાથી નીચે જણાવેલો ચમત્કાર નજરે પડે છે.

કોઇ માણસ **અ** આગળ પોતાનું મોં આવે એમ ક પરાવર્તકની આગળ ઉભો રહે, અને બીજો માણસ **બ** આગળ પોતાનો કાન આવે એમ ડ પરાવર્તક આગળ ઉભો રહે. પછી **અ** ઠેકાણાવાળો માણસ ગમે એટલું ધીરે રહીને બોલશે તે **બ** ઠેકાણાવાળો માણસ સાંભળી શકશે. **અ** ઠેકાણાનો માણસ બોલે તે અવાજની લહેરો પરાવર્તક પર જઇને ત્યાંથી સમાંતર ગતિએ ડ પરાવર્તક ઉપર અથડાય છે ને ત્યાંથી પાછી **બ** જગાએ એકઠી થાય છે. તેથી ત્યાં જેનો કાન હોય તેનાથી સંભળાય છે. **અ** ઠેકાણે નાનું ઘડીઆળ મૂકીને **બ** ઠેકાણે સાંભળીએ તો પચાશ કે સો ફીટ દૂર હોવા છતાં એનો ટીકટીક અવાજ બરોબર સંભળાય છે. **બ** જગાથી લગીરે આઘાપાછા જઇએ તો કશું સંભળાય નહિ.

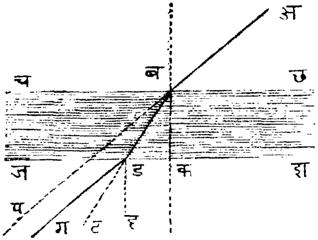
વળી **અ** ઠેકાણે દીવો મૂકવો, અને **બ** ઠેકાણે કાગળ ધરવો અથવા થોડો ધૂપ લાવી ધુમાડો કરવો; તો **બ** અગાડી બીજો દીવો હોય એમ જણાશે.

અ ઠેકાણે તપીને લાલચોળ થએલો ગોળો મૂકીએ અને **બ** અગાડી ચપટી બંદૂકનો દારૂ મૂકીએ તો તે તરત જ સળગશે અથવા તમારો હાથ ધરશો તો તમે દાઝશો.

જો પરાવર્તક બહુ મોટાં હોય, અને **અ** ઠેકણે ઘણો તાપ કર્યો હોય તો **બ** ઠેકાણે ખીચડી ધરાધરી રંધાય !

કિરણનું વક્રીભવન:—જ્યારે પારદર્શક પદાર્થ ઉપર પ્રકાશનાં કિરણ પડે છે ત્યારે તે તેની આરપાર જાય છે. પદાર્થની અંદર થઇને જતાં કિરણો પોતે જે દિશામાં જતાં હોય તેને તે દિશામાં જતાં નથી, પણ મરડાઈને ત્રાંસાં જાય છે. પછી જયારે તે પદાર્થની બહાર નિકળે છે ત્યારે પદાર્થમાં હતાં અને જતાં હતાં તેની તે દિશામાં ન જતાં વળી મરડાઈ ને ત્રાંસાં થાય છે. નીચેની આકૃતિથી આ વાત લક્ષમાં બરોબર આવશે.

આકૃતિ ૩૭.



ચ છ જ ઝ એક જાડો કાચનો કડકો **છે. અને** તેના ઉપર **અ બ** દિશામાંથી પ્રકાશનું કિરણ પડે છે. આ કિરણ કાચની અંદર **બ મ** લીટીમાં નથી જતું પણ મરડાઇને ત્રાંસુ થઇ **બ ડ** લીટીમાં જાય છે. વળી તે જ પ્રમાણે જ્યારે એ કિરણ કાચમાંથી બહાર નિકળે છે ત્યારે **ડ ટ** લીટીમાં જતું નથી પણ વળી મરડાઇને ત્રાંસુ થાય છે. એ કિરણ પહેલાં **બ ક** લંબની તરફ જેટલું વાંકુ થયું હતું તેટલું જ નિકળતી વખત **ડ હ** લંબથી દૂર મરડાય છે. તેથી પદાર્થમાં પેઠા પહેલાંની **અ મ** દિશાને સમાંતર **ડ ગ** દિશામાં જાય છે.

આ ઉપરથી તમને એ પણ સમજાયું હશે કે પ્રવાહીમાંથી ઘનમાં જતાં કિરણ મરડાઇને લંબની તરફ અને ઘનમાંથી પ્રવાહીમાં જતાં કિરણ મરડાઇને લંબથી દૂર જાય છે.

એકાદા હોજમાં તમારી લાકડી સીધી બોળશો તો પાણીની અંદર લાકડીનો જે ભાગ બુડેલો હશે તે બરોબર સીધો દેખાશે. પરંતુ જો લાકડીને વાંકી કરશો તો પાણીની અંદરનો તેનો ભાગ વધારે વાંકો થએલો દેખાશે. તમને એમ જણાશે કે તમારી લાકડી ભાગી ગઇ છે!

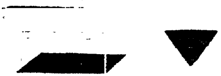
આકૃતિ ૩૮.



પાણી ભરેલા પ્યાલામાં જો એ આની નાંખીને અંદર જોશો તો જેમ લાકડીનો પાણીનાં અંદરનો ભાગ વધારે જાડો દેખાયો હતો તેમ એ આની પણ તમને ઘણી મોટી દેખાશે.

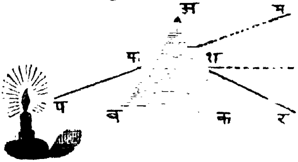
ત્રણ પાસાવાળો બિલોર:—બિલોરી કાચનાં ઝુમ્મર તો તમે દીઠાં હશે. એ ઝુમ્મરની નીચે બિલોરનાં ત્રણ પાસાંવાળાં લોલક ટાંગેલાં હોય છે,

આકૃતિ ૩૯.



તે પણ તમને ખબર હશે. જુઓ. મારી પાસે એવું એક લોલક છે. એને જો આપણે છેડાની તરફથી જોઇએ છીએ તો પાસેની આકૃતિ પ્રમાણે અને બાજુ તરફથી જોઇએ છીએ તો આ પ્રમાણે દેખાય છે.

આકૃતિ ૪૦



હવે **અ બ ક** બિલોર ઉપર **પ ફ** કિરણ પડે છે. આ કિરણ સીધું જઇને **મ** તરફ જતું નથી પણ **ફ** અગાડીથી તે લંબની તરફ મરડાય છે અને **શ** અગાડી બિલોરમાંથી બહાર નિકળે છે. ત્યાં અગાડી તે પાછું મરડાઇને લંબથી દૂર જાય છે અને **હ** આગળ પડે છે. તમને સમજાયું જ હશે કે ત્રણ પાસાવાળા બિલોરમાંથી નિકળતાં કિરણ બિલોરના જાડા ભાગ તરફ જ વળે છે.

જો કોઇ માણસ **અ** ઠેકાણે ઉભો રહીને **પ** દીવો જોતો હોય અને તેવામાં **અ બ ક** બિલોર વચ્ચે આવી પડે તો તેનાથી **પ** દીવો દેખાશે નહિ. જ્યારે એ માણસ પોતાની આંખ **ર** જગા ઉપર લાવશે ત્યારે જ પાછો દીવો દેખાશે. **ર** અગાડીથી એ દીવો **ર શ** દિશામાં હોય એવો દેખાશે. મતલબ કે દીવો છે તે કરતાં ઉંચી જગાએ હોય નહિ એમ દેખાશે.

કિરણ માંહેના રંગ:—પ ઠેકાણાના દીવાનું કિરણ ત્રણ પાસાવાળા બિલોરમાં થઇને જતાં મરડાઈ **ર** જગાએ આવે છે એટલું જ નહિ પણ ત્યાં એકલું અજવાળું પડવાને બદલે તેમાં રાતા, પીળા રંગ દેખાય છે. એકાદ અંધારી ઓરડીમાં રજાળિયામાંથી સૂરજનું કિરણ આવતું હોય તેની વચમાં ત્રણ પાસાવાળો બિલોર ધરીશું તો કિરણ વાંકાં થઇ

તેની અંદરના રંગ છૂટા પડે છે; અને સામી ભીંત ઉપર જુદા જુદા સાત રંગના પટ્ટા પડે છે. આ પટ્ટામાં પહેલો રાતો, પછી નારંગીઓ, પછી પીળો, લીલો, આસ્માની, જાંબુડિયો અને ભાગો જાંબુડિયો એ અનુક્રમે જુદા જુદા સાત રંગ જણાય છે.

આ ઉપરથી સાફ જણાશે કે સૂરજના ધોળા રંગનાં કિરણ, જુદી જુદી જાતનાં સાત રંગનાં કિરણ મળીને થએલાં છે. બિલોરમાં થઇને આવતાં તેનું પૃથક્કરણ થાય છે. આ બધાં કિરણોનું વક્રીભવન એક સરખું નહિ પણ નાના મોટા કોણથી થાય છે, સબબ સાત પટ્ટીઓ અને તે પણ પહોળી સાંકડી જણાય છે. રાતા રંગનું કિરણ સૌથી વધારે મરડાય છે, અને ભાગા જાંબુઆ રંગનું સૌથી ઓછું મરડાય છે માટે રાતાની પટ્ટી મોટી અને ભાગા જાંબુડાની નાની દેખાય છે.

મેઘ-ઇન્દ્રધનુષ:—આકાશમાં કોઇ કોઇ વેળા ઇન્દ્રધનુષ થાય છે, તે આવી રીતે અજવાળાનાં કિરણનું વક્રીભવન થઇને પૃથક્કરણ થવાથી જ થાય છે. કેટલાક એને મેઘધનુષ પણ કહે છે. સામાન્ય લોકો એને મચ્છ તાણ્યો છે એમ કહે છે. વરસાદ વરસવાનો હોય અને સૂરજની આડું કોઇ વાદળું વગેરે હોય નહિ ત્યારે આ દેખાવ દેખાય છે.

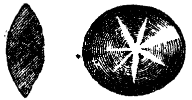
આકાશમાં ઇન્દ્રધનુષ થવાને તો વરસાદ જોઇએ, પણ તે કાંઇ આપણી મરજી હોય ત્યારે વરસે નહિ. પરંતુ જો તમારે ઇન્દ્રધનુષ જોવું હોય તો નીચે લખ્યા પ્રમાણે કરવું.

સૂરજનાં કિરણોનું પૃથક્કરણ:—જેમાંથી ઝીણી ઝીણી ફરફરની પેઠે પાણી ઊડતું હોય એવા ફુવારાની સામે સૂરજ તરફ પૂંઠ કરીને ઉભા રહેવું. એટલે ઝીણી ઝીણી ફરફરમાંથી જતાં કિરણોનું પૃથક્કરણ થશે, અને ઇન્દ્રધનુષ જેવું દેખાશે. આવો ફુવારો ન હોય તો મોંમાં પાણી ભરીને કાંતનારી ડોશીઓ આંટી ફૂંકારે છે તેમ હવામાં પાણી ફૂંકારવું, અથવા તમારા કોઇ મિત્રને કહેવું કે ભીનું ધોતીયું ખૂબ જોરથી ઝાપટીને ખંખેરે. આમ કરવાથી જે ફરફર ઉડશે તેમાંથી આવતાં કિરણોનું પૃથક્કરણ થઇ નાનું સરખું ઇન્દ્રધનુષ દેખાશે. આ

પ્રયોગ કરી જોવા જેવા છે માટે તમારે સઘળાએ જરૂર કરી જોવા.

લેન્સ (કાચ):—કારીગર લોકો અનેક પ્રકારના કાચ બનાવે છે, તેમાંથી એક બેવડા બાહ્યગોળ કાચનું વર્ણન કરૂં છું. આવી જાતનો કાચ ફૂલેલી પૂરી જેવો હોય છે; તેની બન્ને બાજુઓ ગોળની બહારની બાજુની પેઠે ઉપસેલી હોય છે, માટે તેને બાહ્યગોળ કહે છે. એ કાચને જો તમે સામેથી જોશો તો ગોળ, અને કોરણ અગાડીથી જોશો તો બે બાજુ ઉપસેલી જણાશે. આવા કાચને ઈંગ્રેજીમાં લેન્સ કહે છે.

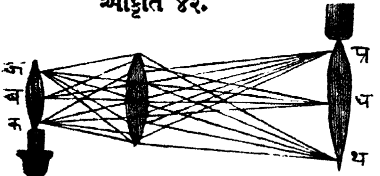
આકૃતિ ૪૧.



આ કાચ ઉપર સૂરજનાં સમાન્તર કિરણો પડે એટલે તેમાં થઇને બહાર નિકળતાં તે બધાં મરડાઇને ચોતરફથી કાચના જાડા ભાગ તરફ વળે છે, આમ થવાથી બધાં કિરણો કાચથી થોડે દૂર એકઠાં થાય તે સમજાય એવું છે. આ પ્રમાણે જે જગાએ આ બધાં કિરણો એકઠાં થાય તે જગાને મુખ્ય કેન્દ્ર કહે છે. એને ધ્રુવકેન્દ્ર પણ કહે છે. જો આ કિરણો પાસેના કોઈ પદાર્થ ઉપરથી આવતાં હોય તો તે સીધાં ન આવતાં ત્રાંસાં પડે છે, અને સૂરજનાં કિરણની માફક જ તેમનું પૃથક્કરણ થાય છે. આ કિરણો મુખ્ય કેન્દ્રની પેલીમેર એકઠાં થાય છે. સૂરજનાં કિરણોનું વક્રીભવન થઈ તે એકઠાં થાય છે તે જગાએ જે પ્રમાણે તેજનું ચકચકતું ટપકું પડે છે તે પ્રમાણે આ કિરણો જ્યાં વક્રીભવન થઇને એકઠાં થાય છે ત્યાં અગાડી જ્યાંથી એ કિરણો ફેંકાયાં હોય તે બિંદુનું ચિત્ર પડી રહે છે. આ જગાએ ચિત્ર પડે છે માટે એને ચિત્રકેન્દ્ર કહે છે અને જે પદાર્થનાં જે બિંદુ પરથી કિરણો કાચપર ફેંકાય તેને પદાર્થ કેન્દ્ર કહે છે. આ પ્રમાણે જે બિંદુથી કિરણો બાહ્યગોળ કાચ પર ફેંકાય તેમ જ જે જગોએ ચિત્ર પડે છે તેને બંન્નેને કેન્દ્ર કહે છે. એ બન્ને કેન્દ્ર અને બાહ્યગોળ કાચનું મધ્ય એ ત્રણે સીધી લીટીમાં જ હોય છે.

ઉપર જે બાબત કહી તે નીચેની આકૃતિથી વધારે સ્પષ્ટ થશે.

આકૃતિ ૪૨.





અહીં મેં દીવો અને ધોળો પડદો એ એની વચમાં બાહ્યગોળ કાચ ધર્યો છે; અને તેથી પડદા ઉપર દીવાનું ઉંધું ચિત્ર પડયું છે, તે જુઓ. એ ચિત્ર કેમ પડયું તે સમજાવું. દીવાની આખી જોત તેજવાળી હોવાથી એના દરેક ભાગ ઉપરથી કિરણો ફેંકાય છે. એ બધાંને માટે ચિત્ર પાડતાં અને વિચાર કરતાં ગુંચવણ પડી જાય માટે હાલ તરત માત્ર **અ બ** અને **ક** એ ત્રણ બિંદુએથી નિકળતાં પ્રકાશનાં ત્રણ કિરણોનો જ વિચાર કરીએ. પહેલાં **અ** બિંદુથી ફેંકાતાં કિરણોને માટે વિચાર કરીએ. ત્યાંથી ફેંકાતાં કિરણો બાહ્યગોળ કાચ ઉપર પડીને વક્રીભવન પામે છે, અને જોતની ટોચ અને કાચના મધ્યની સીધી લીટીમાં જ **થ** અગાડી એકઠાં થાય છે તેજ પ્રમાણે **બ** નાં કિરણો **પ** અગાડી અને **ક** અગાડીનાં કિરણો **પ્ર** અગાડી એકઠાં થાય છે. આ પ્રમાણે **અ** અગાડીનાં કિરણો નીચે અને **ક** અગાડીનાં ઉપર એમ એકઠાં થવાથી ચિત્રકેન્દ્ર આગળ એનું ચિત્ર ઉંધું પડે છે.

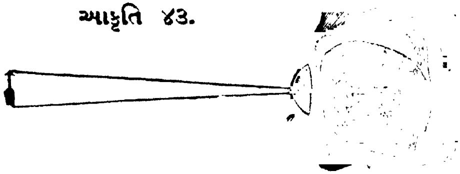
દીવો અને કાચની વચ્ચે જેટલું છેટું છે તેના કરતાં અઢી અથવા ત્રણ ગણે દૂર ચિત્ર પડયૂં માટે મૂળ દીવા કરતાં ચિત્ર અઢી અથવા ત્રણ ગણું મોટું પડયું છે.

આ પ્રમાણે ગમે તે પદાર્થનું ચિત્ર પડે છે. બારી આગળ ઉભા રહીને એક હાથમાં બાહ્યગોળ કાચ લઇએ અને બીજા હાથમાં સાફ ધોળો કાગળ લઇએ અને કાચને એની અગાડી આઘો પાછો ફેરવીએ તો કાગળ ઉપર બહારના દેખાવનું આબેહુબ ચિત્ર પડી રહેશે. ફેર માત્ર

એટલો જ કે ચિત્ર ઉલટું હશે. નીચલી બાજુ ઉપર અને ઉપલી બાજુ નીચે, ડાબી બાજુ જમણી બાજુએ અને જમણી ડાબી બાજુએ હશે.

આપણે કેવી રીતે જોઈ શકીએ છીએ :—આપણી આંખના ડોળા ઉપર એઆની જેવડો કાળો અને લગીર ઉપસેલો ભાગ હોય છે. એની અંદર ઉપર કહેલા બાહ્યગોળ કાચના આકાર જેવી જગો હોય છે. એ જગામાં ઘન અને પારદર્શક એવો એક જાતનો રસ હોય છે. એ રસથી બાહ્યગોળ કાચના જેવી જ અસર પેદા થાય છે.

આકૃતિ ૪૩.



અજવાળાનાં કિરણ ગમે તે પદાર્થ ઉપર થઇને આપણી આંખમાં આવે છે. ત્યાં કાળા ભાગની મધ્યમાં ઝીણું કાણું હોય છે જેને આપણે કીકી કહીએ છીએ તેમાં જાય છે. જતાં જતાં એનુ વક્રીભવન થાય છે. કીકીની પછવાડી જોવાનાં જ્ઞાનતંતુનું જે જાળું હોય છે તેના ઉપર એ કિરણોનું ચિત્રકેન્દ્ર પડે છે, તેથી ત્યાં જે પદાર્થ ઉપરથી કિરણો આવ્યાં હોય તેનું ચિત્ર પડે છે. આથી આપણે દેખીએ છીએ. હવે એ જ્ઞાનતંતુના જાળા ઉપર જેમ પડદા ઉપર પડયું હતું તેમ ઉંધું જ ચિત્ર પડે છે છતાં આપણે બધા પદાર્થને ઉંધા કેમ દેખતા નથી ? નાનપણમાંથી જ પડી ગએલી ટેવને લઇને આપણે એમ ઉંધું નહિ પણ સીધું દેખી શકીએ છીએ.

ટુંકી અને લાંબી નજર:—ઘણાં માણસો પાસેની વસ્તુઓ સારી રીતે જોઇ શકતા હોવા છતાં આઘેની વસ્તુ ઝાંખી દેખે છે અગર દેખતાએ નથી. આપણે એને ટૂંકી નજરવાળા કહીએ છીએ. તેમ

કેટલાક અને ખસુસ કરીને વૃદ્ધજનો દૂરની વસ્તુ જોવાને શક્તિવાન હોવા છતાં પાસેના અક્ષરો વાંચી શકતા નથી. આપણે એવાને લાંબી નજરવાળા કહીએ છીએ. ગમે તે કારણથી અને ખસુસ કરી આંખની અંદર બાહ્યગોળ જેવા રસના આકારને લીધે આંખનું મધ્ય આઘું પાછું જાય છે. એમ થવાથી ચિત્રકેન્દ્ર પણ આઘું પાછું પડે છે. કીકીનો રસ વધારે ઉપસેલો હોવાથી ચિત્રકેન્દ્ર પાસે આવે છે. એના પાસે આવવાથી ચિત્ર જ્ઞાનતંતુના જાળા ઉપર ન પડતાં તેની સહજ અગાડી પડે છે. ઘડપણમાં એ રસ સૂકાવાથી કીકીનો રસ ઉપસેલો નહિ પણ સહેજ ચપટો થએલો હોય છે તેથી પણ ચિત્રકેન્દ્ર જ્ઞાનતંતુ ઉપર ન પડતાં તેના પર દબાણુ થાય એમ પડે છે. આ બન્ને સ્થિતિમાં ચસ્મા પહેરીને ચિત્રકેન્દ્રને જ્ઞાનતંતુ ઉપર પડે એમ કર્યાથી બરોબર દેખાય છે. ટૂંકી નજરવાળાના ચસ્માના કાચ બેવડા એટલે બે બાજુએથી અંતર્ગોળ અને વૃદ્ધજનોના બે બાજુથી બાહ્યગોળ હોય છે. જુદી જુદી જાતના આ લેન્સ-કાચ-ની બનાવટને લીધે ચિત્રકેન્દ્ર બરોબર જ્ઞાનતંતુ ઉપર જ પડે છે.

બાહ્યગોળ કાચથી દેવતા સળગે છે:—મોટા અને ચોખ્ખા બાહ્યગોળ કાચને આપણે આગીઓ કાચ કહીએ છીએ. આગીઓ કહેવાનું કારણુ એ કે તેને જો સૂરજનાં કિરણમાં ધરીએ અને આઘો પાછો કરીએ તો તેથી જમીન ઉપર સૂરજના જેવું તેજસ્વી ટપકું પડે છે. એ ટપકા આગળ જે પદાર્થ હોય તેને બાળી મૂકે છે. સૂરજ જેવું નાનું ટપકુ પડતું હોવાથી એવા કાચને રવિકાન્ત પણ કહે છે. એ ટપકાં આગળ બંદૂકનો દારૂ મૂકીએ તો તરત સળગી ઉઠે છે. કોયલો કે ચિંથરું ધરશો તો તેમાંથી ધૂમાડા નિકળવા માંડશે.

આ ઉપરથી એક વાત શિખવાની છે. તે એ કે પ્રકાશનાં કિરણુ ભેગાં ભેગાં ગરમીનાં કિરણો પણ આવે છે. તેમ જ તેમનું પણ વક્રીભવન થઈને તેઓ એક કેન્દ્રમાં એકઠાં થાય છે. આમ થવાથી જ ત્યાં ગરમી વધારે હોય છે.

આ જગાએ એક વાત યાદ રાખવા જેવી છે, તે એ કે ઉપરના પ્રયોગમાં કાચને લીધે પ્રકાશ અને ગરમીનાં કિરણો તેજવાળા ટપકામાં એકઠાં થાય છે તેને આપણે કાગળ, બંદૂકનો દારૂ કે બીજો પદાર્થ ત્યાં આગળ ધરીએ નહિ ત્યાં સુધી આપણી નરી આંખે જોઈ શકતા નથી.

કિરણ:—સૂરજની તરફથી આવનારાં કિરણમાં પ્રકાશ અને ગરમી બન્ને હોય છે એટલું જ નહિ પણ તેમાં રસાયનિકસંયોગ ઇત્યાદિ કરવાની શક્તિ પણ હોય છે. કેવી રીતે તે હું તમને સમજાવું છું.

રૂપાની સાથે સુરાખારનો તેજાબ રસાયનિક સંયોગથી મળવાને લીધે બનેલો નૈટ્રેટ ઓફ સિલ્વર નામનો ક્ષાર હોય છે. તે થોડો લેઈ તેને વરસાદના કે વરાળના પાણીમાં પીગાળવો. એ કોરા કાગળની એક બાજુએ ચોપડી તેને સૂકવવો. આ બધું અંધારામાં અથવા રાત્રે દીવાના અજવાળામાં કરવું. એને સૂરજનું અજવાળું લાગવા દેવું નહિ. પછી આ કાગળ ઉપર કોઇ પણ ઝાડનું પાંદડું ચોડવું, અને એ બધાંને તડકાંમાં મૂકવાં. સૂરજનાં કિરણ એ કાગળપર પડયાં કે રસાયનિક ક્રિયા થવા માંડશે. બધો કાગળ કાળો થઇ જશે. પછી એને અંધારામાં લઈ જઇ પાંદડું ઉપાડી લેવું તો કાગળ ઉપર પાંદડાની આબેહૂબ પણ ઉલટી છબી પડેલી હશે. આ પ્રયોગમાં સૂરજનાં બધાં કિરણો જે પાંદડાં પર આવ્યાં તે પાંદડાની આરપાર સરખાં જઈ શકતાં નથી. કોઈ જગાએ ઓછાં, અને કોઇ જગાએ વધારે અને કોઈ જગાએ સમૂળગાં એ જઇ શકતાં નથી. જ્યાં જ્યાં કિરણો જઇ શકે છે ત્યાં ત્યાં તેની નીચેના કાગળ પર ચોપડેલા નૈટ્રેટ ઓફ સિલ્વર ઉપર અજવાળાની—સૂરજના કિરણની અસર થઇને તે ભાગ કાળો બની જાય છે. જ્યાં કિરણ ઓછાં જઇ શકયાં હોય ત્યાં કાગળ ઝાંખો થાય છે અને જ્યાં બિલકુલ જઇ શકયાં નહોય ત્યાં કાગળ તદ્દન ધોળો રહે છે. આ ચિત્રવાળા કાગળને જો એમને એમ ખૂલ્લો રહેવા દઇએ તો તે થોડીવારમાં કાળો થઇ જાય છે, પણ જો એને મીઠાના પાણીમાં અને તેના કરતાંએ હાઇપો-સલ્ફેટ ઓફ સોડા નામના પદાર્થના દ્રાવણમાં કેટલીકવાર ડૂબાવી રાખીએ

તો નૈટ્રેટ ઓફ્ સિલ્વરની ક્રિયા બંધ પડે છે, અને ચિત્ર કાળું ન થઇ જતાં ઘણા દિવસ ટકે છે. મીઠું અગર હૈપોસલ્ફેટ ઓફ્ સોડા નૈટ્રેટ ઓફ્ સિલ્વરની જોડે રસાયનિકસંયોગ કરી બીજા જ પદાર્થ બનાવે છે જેના ઉપર પ્રકાશની અસર થતી નથી તેથી આમ બને છે.

હાલ ઘણા લોકો સૂરજનાં કિરણથી ચિતરવાની કળા—ફોટોગ્રાફી શિખ્યા છે. ફોટોગ્રાફર ઝાડ, ઇમારત, ડુંગરા, શહેર, માણસ ઇત્યાદિની છબી સહજમાં કાઢે છે, એ બધા સૂરજનાં કિરણમાં રસાયનિક ક્રિયા કરવાની શક્તિના પ્રતાપ છે. ઉપર વર્ણવેલા પાંદડાના ચિત્રની પેઠે જ એમાં પણ ચિતરાય છે.

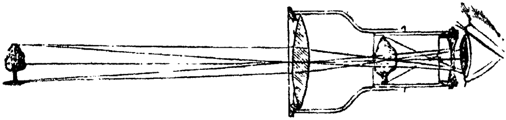
પ્રકાશનો વેગ:—જેમ એક જગાએથી બીજી જગાએ જતાં અવાજને વખત લાગે છે તેમ પ્રકાશને પણ વખત લાગે છે. અવાજ એક સેકંડમાં સુમારે ૧૧૦૦ ફીટ માત્ર જાય છે ત્યારે પ્રકાશ એક સેકંડમાં ૧૯૨૦૦૦ મૈલ જાય છે! અમે આમ આંકડા આપીએ તેનાથી અવાજ કરતાં પ્રકાશની ગતિ કેટલી વધારે છે તેનો બરાબર ખ્યાલ આવી શકે નહિ. અને જો તમારા સમજવામાં બરાબર આવે નહિ તો પોપટની પેઠે આંકડા ગોખ્યાથી શો લાભ? ૫૨૮૦ ફીટનો એક મૈલ થાય છે. અવાજને એક મેલ જતાં પોણાપાંચ સેકંડ લાગે છે. અને એક કલાકમાં ૭૨૦ મૈલ ચાલે છે. અવાજ આ હિસાબે સાડા દસ દિવસમાં જેટલું ચાલે તેટલું પ્રકાશ એક સેકંડમાં ચાલે છે! મુંબાઇની મેલ ટ્રેઇન માત્ર ત્રીશ મૈલની ગતિથી ચાલે છે. એના વેગનો તમને સહેજ ખ્યાલ હશે. એના કરતાં કરોડો ગણો વધારે પ્રકાશનો હોય છે! સૂરજ આપણી પૃથ્વીથી નવ કરોડ મૈલ છેટે છે, છતાં પ્રકાશને ત્યાંથી અહીં આવતાં માત્ર આઠ જ મિનિટ લાગે છે!!

સૂક્ષ્મદર્શક કાચ:—અમે જે બે તરફના બાહ્યગોળ કાચ સંબંધે કહી ગયા છીએ તે કાચ જ સૂક્ષ્મદર્શક છે. નજર અને પદાર્થની વચ્ચે એવો કાચ રાખીને જોઇએ તો નાનો પદાર્થ મોટો દેખાય છે. પરંતુ ઝીણી વસ્તુ જોતાં તે વસ્તુ આ કાચના મુખ્ય કેન્દ્રની અંદરની બાજુ

પર અને તેનું ચિત્ર દસ અગર બાર ઇંચ પેલી તરફ પડે એમ મૂકવી જોઇએ. દૂરની ચીજ જોવી હોય તો આ કાચ કામમાં આવે નહિ. વધારે ઓછા કાચને એકઠા કરીને ગોઠવણ કરવાથી ઘણી જ ઝીણી વસ્તુઓ તેમના પોતાના કદ કરતાં ઘણાએ ગણી મોટી જણાય છે. આપણા સૂક્ષ્મદર્શક યન્ત્રમાંથી જોતાં લોહીનાં રજકણો, જૂના શરીરમાં ચાલતું રૂધિરાભિસરણ, માંખીની આંખો, માંકડ અને મચ્છરના ડંખ વગેરે દેખી આપણને સાનંદાશ્ચર્ય થાય છે.

દૂરબીન:—આ યન્ત્રવડે દૂરનો પદાર્થ દેખાય માટે એમાં આંખ આગળ એક અને પદાર્થ તરફ બીજો એમ બે કાચ રાખવા પડે છે. પદાર્થ તરફના કાચ વડે માત્ર તે પદાર્થનું ચિત્ર જ પડે છે. એ પ્રતિબિંબને આંખની તરફના કાચવડે તેના મુખ્ય કેન્દ્રની અંદર આવે એટલા છેટાથી સૂક્ષ્મદર્શક પ્રમાણે મોટું બનાવીને જોવું જોઇએ. પદાર્થ તરફનો કાચ પીત્તળની મોટી નળીને એક છેડે જડી લીધેલો હોય છે. આ નળીમાં આઘી પાછી થઇ શકે એવી બીજી નળી બેસાડેલી હોય છે. આ નાની નળીના બહારના છેડા ઉપર જોવાનો કાચ બેસાર્યો હોય છે. આ બે નળી તે જ દૂરબીન. એને પદાર્થ સામે ધરીને નાની નળીને આઘીપાછી કરવાથી પદાર્થ બરોબર સાફ જણાય એમ કરાય છે. દૂરબીનથી દૂરના પદાર્થ સાફ અને મોટા દેખાય છે. આ નળીઓમાં અંદરની બાજુએ કાળો રંગ ચોપડયો હોય છે, કે બહારનાં બીજાં અજવાળાનાં કિરણો અંદર આવીને બરોબર દેખાવામાં અડચણ કરે નહિં.

આકૃતિ ૪૪.



કર્તૃત્વશક્તિ:—આ વિષય પૂરો કર્યા પહેલાં વળી આપણે કર્તૃત્વ-

શક્તિ સંબંધી વિચાર કરીએ. જે રજકણોનો પદાર્થ બનેલો છે તે રજકણો ઘનરૂપમાં બહુ પાસે પાસે હોય, અથવા વાયુરૂપે છેટે છેટે હોય તોપણ તે છતમાં હોય છે. તેનો કદી પણ નાશ થતો નથી. એ પ્રમાણે પદાર્થનાં રજકણોમાં કામ કરવાની જે શક્તિ રહી હોય તેનો પણ કદી નાશ થતો નથી. તેનું રૂપાંતર થાય છે પણ રૂપાંતર થઇને જે રૂપ ધારણ કરે છે તે રૂપમાં પણ તેની કામ કરવાની શક્તિ કાયમ હોય છે. તેનો નાશ થતો જ નથી. ઘંટ ઉપર ટકોરો વાગે એટલે ઘંટની જીભની ગતિ અટકી એ વાત ખરી. પણ આ ગતિનું રૂપાંતર થયું અને તે ઘંટમાં કંપરૂપે દેખાયું. આ કંપે વળી વાતાવરણમાં લહેરો ઉત્પન્ન કરી અને આપણા કાનમાં અવાજ સંભળાયો. ઘંટને ઘણીવાર વગાડીએ તો જીભની ગતિનું રૂપાંતર થઇને ઘટમાં ગરમી પેદા કરે છે, અને ઘંટ ઉનો ઉનો થઈ જાય છે. ગરમી પાછી ગતિના રૂપમાં આવતી નથી એમ નથી. ગરમી વડે જ પાણીની વરાળ થઈ તેનાથી વરાળયન્ત્રમાં દટ્ટાને ગતિ મળે છે, અને તેનાથી આગગાડી ચાલે છે એ તો બધાંને ખબર છે. હવે એ જ ગાડીને જો ઉભી રાખવી હોય છે તો વરાળને દટ્ટાવાળી નળીમાં ન જવા દેતાં હવામાં જવા દે છે. ત્યાં પણ એનો નાશ થતો નથી. તે ગુમરૂપે રહે છે. ત્યાંથી વરસાદરૂપે પાછી પડીને નદી, નાળાં વગેરે રૂપમાં વહે છે. આ રૂપે એ લોટ દળવાની ચક્કી, પાટીઆં વહેરવાનું યન્ત્ર ઇત્યાદિ ફેરવે છે. હવે અહીં આગગાડીમાં નળીમાંના દટ્ટાને વરાળ ધકેલતી બંધ પડે કે ગાડી એકદમ ચાલતી બંધ પડતી નથી. તેને ઉભી રાખવાને પૈડાંને જકડીને દબાવી રાખવાં જોઇએ. પૈડાંને ફરતાં અટકાવવાને તેનાપર લોઢાના પટ્ટા રાખેલા હોય છે તે જોરથી દબાવવા જોઇએ. પરન્તુ આ પ્રમાણે દબાવતાં તે ઘણા તપી જાય છે અને તેમાંથી દેવતાના તનખા નિકળે છે. કહેવાની મતલબ એ કે ગરમીમાંથી ગતિ ઉત્પન્ન થઇ, અને એ જ ગતિ બંધ થતાં તેમાંથી પાછી ગરમી ઉત્પન્ન થઇ ! આ પ્રમાણે કર્તૃત્વશક્તિ એક રૂપમાંથી બીજા રૂપમાં જાય છે પરન્તુ તે ગમે તે રૂપમાં હોય તોપણ તેનો નાશ થતો નથી. ગરમીનું બળ કેટલું છે તે વરાળયન્ત્ર જોવાથી ઠીક ખ્યાલમાં આવે છે.

વિદ્યુત્-વિજળી.

વિદ્યુત્ અથવા વિજળી એ શું છે તે હજુ જણાયું નથી. વિદ્વાનો એને માટે જુદી જુદી કલ્પના કરે છે. વિજળીથી અનેક પ્રકારના ચમત્કાર થાય છે તે આપણે જાણીએ છીએ. તેમાંના કેટલાક હું તમને સમજાવું.

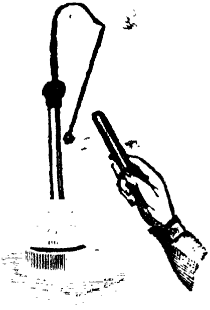
કાચની નળી લઇને તેને રેશમના કપડા સાથે સારી પેઠે ઘસીને પછી તેની આગળ પીંછું, રૂ કે કાગળનો કડકો ધરીએ તો તે નળી તરફ આકર્ષાશે. રેશમી લૂગડાં જોડે ઘસવાથી કાચની નળીમાં આ જે ગુણ આવ્યો તેને વિજળી કહે છે. પણ આ શક્તિ ઘસેલા ભાગમાં જ આવે છે. નળીનો બીજો ભાગ હલકી વસ્તુઓને પોતાની તરફ ખેંચતો નથી. કાચને બદલે ધાતુની નળી લઇને તેને કાચનો હાથો બેસાડવો. પછી ઉપર પ્રમાણે ઘસીશું તો આખી નળીમાં હલકા પદાર્થને ખેંચવાનો ગુણ આવશે

વિદ્યુત્વાહક અને વિદ્યુત્રોધક પદાર્થો:—કાચમાં આવેલી વિજળી તે ને તે ઠેકાણે રહી અને ધાતુમાં આવેલી વિજળી આખી નળીમાં ફેલાઇ ગઇ. માટે કાચને વિદ્યુત્રોધક (વિજળીને રોકનાર) અને ધાતુને વિદ્યુત્વાહક (વિજળીને ફેલાવનાર-લઇ જનાર) એમ કહે છે. કાચ, રબર, ભેજ વગરની સુકી હવા, રેશમ, મીણ, લાખ, ગંધક, ઉન, પીંછાં, કાગળ, કપૂર, ચાક,ચૂનો અને તેલ ઇત્યાદિ પદાર્થો વિદ્યુત્રોધક છે. એમાંના કેટલાક વિજળીના અલ્પવાહક છે, એટલે એમાં થઇને વિજળી થોડી જઈ શકે છે. સઘળી જાતની ધાતુઓ, કોયલો, પ્રાણિયોનાં શરીર, પાણી, બરફ, લીલી વનસ્પતિ, ભીનાશવાળી જમીન, અને ભેજવાળી હવા એ વિદ્યુત્વાહક છે.

વિજળીના બે પ્રકાર:—પદાર્થ માત્રમાં વિજળી રહેલી છે. બે જાતની વિજળીની સમતુલ્યતા થએલી હોવાથી આપણને તેની અસર જણાતી નથી; પણ ઉપર કહ્યા પ્રમાણે પદાર્થને જ્યારે એક બીજાની જોડે ઘસીએ છીએ, ત્યારે તે દરેકમાં રહેલી જુદી જુદી જાતની વિજળી છૂટી પડે છે. એ બે જુદી જુદી જાતની વિજળીને જુદાં જુદાં નામ આપેલાં છે. એક જાતની વિજળીને "ધન" અને બીજી જાતનીને

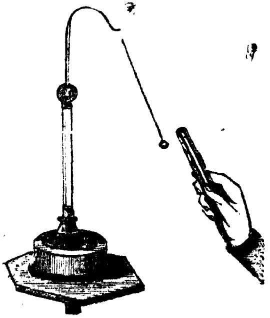
"ઋણ" એવાં નામ આપ્યાં છે. ઇંગ્રેજીમાં એમને "પોઝિટીવ" અને "નેગેટિવ" કહે છે. વળી "વિજળી" નામના એક ગુજરાતી પુસ્તકમાં 'ભાવરૂપી' અને 'અભાવરૂપી' એવાં એ નામ આપ્યાં છે.

આકૃતિ ૪૫.



કાચના દાંડાવાળું આ એક યન્ત્ર છે, તે જુઓ! એને છેડે એક તારનો આંકડો છે. એને રેશમી દોરી વડે બરૂના વચલા ગરભનો કડકો ટાંગ્યો હોય છે. હવે રેશમથી ઘસેલી નળી લઇને હું એ બરૂ આગળ ધરૂં છું તો તે એની તરફ ખેંચાઇ આવીને એને અડે છે. થોડીવાર એમ રહીને પછી પાછું ખશી જાય છે. હવે હું એને બરૂના ગરભની ગોળી આગળ લઈ જાઉં છું તો તે ગોળી આકર્षાઇને પાસે ન આવતાં આઘી જતી રહે છે. હવે એક લાખની બનાવેલી લાકડી

આકૃતિ ૪૬.



લઇને તેને ફ્લાલિનના કટકા સાથે ઘસું છું અને એ લાકડી બરૂની ગોળી આગળ લઈ જાઉં છું. જોયું! કેવી દોડીને લાકડીને બાઝે છે? જુઓ, થોડી વાર બાઝી રહીને પાછી દૂર ખસી જાય છે. હવે પાછી લાખની લાકડી એની આગળ લઇ જાઉં છું. અરે, આ તો એની જોડે એ રીસાઈ! હવે તો એ લાકડીથી દૂર નાસે છે.

આ ઉપરથી તમે જોયું કે ગમે તે લાકડી બરૂના ગરભની

ગોળીને અડાડીએ છીએ ત્યારે લાકડીમાંથી વિજળી બરૂની ગોળીમાં જાય છે. પછી બે પદાર્થની અંદરની વિજળી એક બીજીને દૂર ધકેલે છે અને લાકડીથી બરૂ દૂર જાય છે.

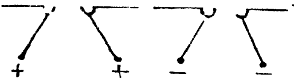
જુદી જુદી જાતની વિજળી એક બીજીને આકર્ષે છે, અને એક જ જાતની વિજળી એક બીજાથી દૂર જાય છે:—

આકૃતિ ૪૭.

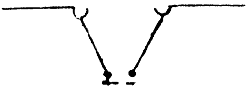


વળી એક બીજો પ્રયોગ કરીને તમને એક બીજી અગત્યની બાબત સમજાવું છું. આ જુઓ, કાચના થાંભલાવાળા યન્ત્ર ઉપર રેશમની દોરીઓવડે બરૂના ગરભની છ ગોળીઓ લટકાવેલી છે. પહેલી બે ગોળીઓને રેશમી લૂગડા સાથે ઘસેલી કાચની લાકડી અડકાડી છે: અને બીજી બેને ફલાલીનથી ઘસેલી લાખની લાકડી અડકાડી છે. જે બે ગોળીને કાચની લાકડી અડાડી છે તે ગોળીઓ

આકૃતિ ૪૮.



આકૃતિ ૪૯.



પાસે પાસે લટકાવેલી છે છતાં એક બીજીથી દૂર ગઇ છે. તેમ જ બીજી બે જેને લાખની લાકડી અડકાડી છે તે પણ એ જ પ્રમાણે એક બીજીથી દૂર ગઈ છે. ચોથીને પાંચમી બન્ને ગોળીઓ લાખની લાકડીને અડેલી છે તેથી તે બન્ને એક બીજીથી દૂર જાય છે; પણ બીજી અને ત્રીજી, તેમ જ પાંચમી અને છઠ્ઠી જુદી જુદી લાકડીને અડકેલી છે તેથી એક બીજીની પાસે ગઈ છે. જોયું, નાત નાતનાં લઢી મરે છે, અને બીજી જાતનાં સંપીને રહે છે !

ઉપર જે પ્રયોગ કર્યા તે ઉપરથી ત્રણ વાત આપણે સમજવાની છે.

૧ જે ઘસેલા પદાર્થને ગોળી અડે છે તેમાંની વિજળી ગોળીમાં આવે છે.

૨ જો બે ગોળીઓમાં એક જ જાતની વિજળી હોય છે તો તેઓ એક બીજીથી દૂર જાય છે અને

૩ જો એક ગોળીમાં કાચની લાકડીમાંની વિજળી હોય અને બીજીમાં લાખની લાકડીમાંની વિજળી હોય તો તેઓ એક બીજીની પાસે જાય છે.

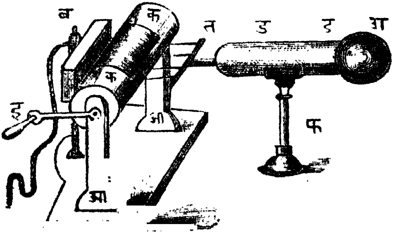
ઉપર પ્રમાણે જુદી જુદી અસર થાય છે, તેથી આપણે જાણી શકીએ છીએ કે કાચની લાકડીની અને લાખની લાકડીની વિજળી જુદી જુદી છે. કાચને રેશમ જોડે ઘસવાથી જે વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે તેને ઇંગ્રેજીમાં પોઝિટિવ અને લાખની લાકડી અને ફલાલીનને ઘસવાથી ઉત્પન્ન થાય છે તેને નેગેટિવ વિજળી કહે છે. ધન એટલે આવી અને ઋણ એટલે આવી એમ કાંઇ નથી. ગમે તે વિજળીને ગમે તે નામ આપત તોપણ ચાલત. માત્ર જુદી જુદી વિજળીનો તફાવત સમજાય માટે જ એવાં જુદાં જુદાં નામ આપ્યાં છે. કાંઇ વિશેષ હેતુ નથી. ઉપરની આકૃતિમાં કર્યું છે તેમ વિજળીની જાત બતાવવા આખું નામ ન લખતાં કેટલી વખત માત્ર વત્તા (+) અને ઓછા (−) એવાં ચિહ્ન કરવામાં આવે છે. પોઝિટિવ–ધનને સારૂ વત્તાનું અને નેગેટિવ ઋણને સારૂ ઓછાનું ચિહ્ન કરાય છે.

વળી આપણે બરૂના ગરભની બે ગોળીઓ લઈને તેને જુદી જુદી જાતની લાકડી અડકાડી તેમાં જુદી જુદી જાતની વિજળી ભરીએ. હવે જે ગોળીમાં કાચની લાકડીની વીજળી છે તેની આગળ એ જ કાચની લાકડી જે રેશમી રૂમાલમાં ઘસી હતી તે રૂમાલ ધરીએ તો તે ગોળી તેની પાસે જશે. આ ઉપરથી રેશમી રૂમાલમાં ઋણ વિજળી આવી છે એમ જણાય છે. એ જ પ્રમાણે લાખની લાકડીને અડકાડેલી ગોળીની આગળ લાકડી ઘસેલો ફલાલીનનો કડકો ધરીશું તો તે પણ એની તરફ ખેંચાશે અને આપણને જણાશે કે ફલાલીનમાં ધન વીજળી આવી છે.

આ પ્રયોગથી એમ સિદ્ધ થયું કે પદાર્થને જ્યારે એક બીજાની જોડે ઘસીએ છીએ ત્યારે તેમનામાં જુદી જુદી જાતની વિજળી પેદા થાય છે.

વિજળી પેદા કરનારૂં યન્ત્રઃ—રેશમ ઉપર કાચની અથવા ફ્લાલીન ઉપર લાખની લાકડી ઘસવાથી જે વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે તે થોડી જ હોય છે. એનાથી સહેજ વિજળી જોઇતી હોય એવા પ્રયોગો કરાય. પછી ખૂટી પડે. વિજળીથી થતાં કામ કરી જોવાને એટલી થોડી વિજળીએ કાંઇ નભે નહિ. આમ હોવાથી વિજળી પેદા કરવાને યન્ત્રો બનાવાયાં છે, એ વડે જોઇએ તેટલી વિજળી ઉત્પન્ન થઇ શકે છે. આવાં યન્ત્ર ઘણી તરેહનાં હોય છે. પણ હું આપણા દેશના કારીગરોથી બની શકે એવા સાદા યન્ત્રનું વર્ણન કરૂં છું. આવી જાતનાં યન્ત્રમાં મુખ્ય બે જાતનાં કામ કરવાનાં હોય છે. એક તો વિજળી પેદા કરવી, અને બીજું તેને એકઠી કરી રાખવી. આવા યન્ત્રના પણ બે ભાગ કરેલા હોય છે. એક ભાગમાં વિજળી ઉત્પન્ન થઈ બીજા ભાગમાં એકઠી થાય છે. આ યન્ત્રની આકૃતિ આપી છે તેમાં લાકડાના **આ આ** ટેકા ઉપર એક

આકૃતિ ૫૦.



કાચની મોટી ઘોળી સ્વચ્છ શીશી ગોઠવેલી હોય છે. **ઇ** હાથાવડે એ શીશી ગોળ ફેરવાય છે. શીશી પાંચ છ ઇંચ પહોળી અને દશ અગીઆર ઇંચ લાંબી જોઇએ. **બ** દાંડાને રેશમની ગાદી જડી હોય છે અને તેમાં ઘોડાના વાળ ભર્યા હોય છે તેથી આ ગાદી ઉપસેલી રહે છે. તેથી તે શીશીને મજબૂત દબાવી રાખે છે. એ ગાદી ઉપર એક મલમ જેવો પદાર્થ ચોપડે છે. આ મલમ

એક ભાગ જસત, એક ભાગ કલાઇ અને બે ભાગ પારાનો બનાવેલો હોય છે. આ ત્રણે પદાર્થને એ પ્રમાણમાં એકઠાં કરી ખલમાં ઘૂંટવાથી એકમેક થઇ જાય છે. આ ગાદીને લોઢાની અથવા પીત્તળની સાંકળ બાંધીને જમીનને અડકે એમ લટકતી રાખી છે. ગાદી ઉપરથી એક ક ક રેશમનો કકડો આવીને શીશીને ઢાંકે છે.

હવે બાજુ ઉપરના હ હાથા વડે શીશીને ફેરવવા માંડીએ તો તે ચક્કર ચક્કર ફરે છે. પણ તેને ગાદીનું દબાણ થાય છે તેથી ગાદીની જોડે શીશી ખૂબ ઘસાય છે, અને એ ઘર્ષણથી વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે. શીશી, લાકડાના થાંભલા, રેશમની ગાદી અને રેશમનું લુગડું એ બધા પદાર્થો વિદ્યુતરોધક હોવાને લીધે શીશીમાં ઉત્પન્ન થએલી વિજળી જતી ન રહેતાં તેમાં ને તેમાં રહે છે.

વિજળી ઉત્પન્ન કરનાર ભાગનું વર્ણન તમે વાંચ્યું. હવે વિજળી એકઠી કરી રાખનાર ભાગ કેવો હોય છે તે તમને કહું છું.

આકૃતિમાં બતાવેલો ડ ડ ભાગ ધાતુનો બનાવેલો હોય છે. અને બે છેડે ગોળ દડા જેવું હોય છે. એક બાજુને છેડે લોઢાની સોયો જેવા અણીઓ કાઢેલો ભાગ લાગુ કર્યો હોય છે. આકૃતિમાં તે ત ઠેકાણે બતાવ્યો છે. બીજે છેડે જે ગોળ હોય છે તે આકૃતિમાં અ અગાડી ચીતર્યો છે. ધાતુની આ નળીને ક કાચના થાંભલા ઉપર ચોઢેલી હોય છે. કાચ વિદ્યુતરોધક પદાર્થ હોઈ નળીમાં જમા થતી વિજળી બીજે ક્યાંઇ જઇ શકતી નથી.

હાથા વતી જેવી શીશી ફેરવે તેવી તેમાં વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે અને બીજે કોઇ ઠેકાણે જવાનો રસ્તો નથી હોતો અને લોઢાની સોયો પાસે હોય છે તેથી તેમાં જતી રહે છે. ધાતુ મૂળે વિદ્યુત્વાહક હોઇને વળી સોય જેવી અણીઓ હોવાથી તે વિજળીને પોતાની તરફ ખેંચે છે.

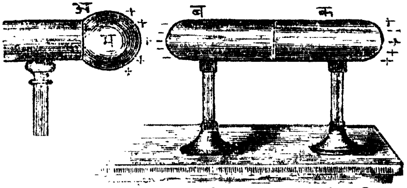
વિજળીનો ચમત્કારો:—વિજળીનું યન્ત્ર ચાર પાંચ વાર ફેરવ્યા પછી અ ગોળા આગળ આપણી આંગળી લઈ જઇએ તો તે ગોળામાંથી તણખો નિકળીને આપણી આંગળીમાં જતો જણાય છે. તણખો દેખાય

ને તદ્દત તડતડ એવો ધીરે રહીને અવાજ થાય છે, અને આંગળીમાં કાંઈ સોય જેવું ઘોચ્યું હોય નહિ એમ લાગે છે. યન્ત્રની અગાડી આંગળી લઇ જઇએ તે વખત જે તેજસ્વી તણખો દેખાય છે તેને વિજળીનો ચમકારો કહે છે. આકાશમાં જ્યારે વાદળાંના ઘર્ષણથી વિજળી ઉત્પન્ન થઇ એકમાંથી બીજાં વાદળામાં જાય છે ત્યારે એવો જ ચમકારો થાય છે. વિજળીના આવા ચમકારા અને થતા તડતડાટ–ગર્જના આપણે ઘણીએ વાર દેખીએ છીએ અને સાંભળીએ છીએ. આકાશમાં થતો ચમકારો અને ગર્જના અને આપણા યન્ત્રમાં થતો તણખો અને તડતડાટ એ એક જ છે. તફાવત માત્ર વધારે ઓછી વિજળીનો જ છે. વસ્તુતઃ આકાશમાં થતી વિજળી અને યન્ત્રમાં થતી વિજળી એક જ છે.

વિજળી ભરેલા પદાર્થ:—ઉપર કહી ગયા કે ધન વિજળી બતાવવાને વત્તાનું અને ઋણ વિજળી બતાવવાને ઓછાનું ચિહ્ન કરીએ છીએ એ વાત બરોબર યાદ રાખજો.

વિજળીના યન્ત્રના છેડાના **અ** ગોળા પાસે સરખી જાડાઇની ને એક બીજાને બેસતી આવે એવી બે નળીઓ **બ** અને **ક** મુકવી. એ નળીઓ કાચના થાંભલા ઉપર બેસાડેલી હોય છે. મરજી હોય તો **બ**

આકૃતિ ૫૧.



અને **ક** છૂટી પણ કરી શકાય છે અને મરજી હોય તો ચિત્રમાં બતાવ્યા પ્રમાણે એકઠી પણ રખાય છે. હવે ધારો કે યંત્ર ફેરવવાથી **અ** ગોળામાં ધન વિજળી ભરાઈ. **બ** અને **ક** નળીઓ એકઠી જોડીને **અ** ગોળા પાસે મુકી છે તેથી **અ** માંથી **બ** છેડામાં વિજળી આવે છે. **બ** છેડામાં

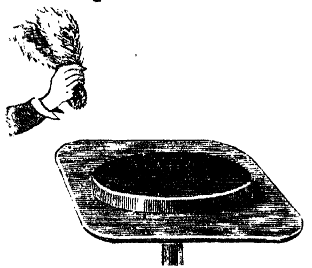
ઋણ અને ક છેડામાં ધન વિજળી એકઠી થાય છે એમ જણાશે. અમુક પદાર્થમાં કિયા પ્રકારની વિજળી છે એ કેવી રીતે જણાય છે એ કહી ગયા છીએ. આ પ્રમાણે વિજળી ભરેલા પદાર્થની પાસે રહ્યાથી બીજા પદાર્થમાં જે વિજળી આવે છે તેને (Induction) સાનિધ્ય જનિત વિજળી એટલે વિજળીવાળા પદાર્થની પાસે રહેવાથી ઉત્પન્ન થએલી વિજળી કહીશું.

હવે ક નળીને બ થી છૂટી પાડીને દૂર મુકીએ અને પછી બ નળીને પણ દૂર લઇ જઇને મુકીએ. તપાસ કરીશું તો જણાશે કે હજી પણ પહેલાંની પેઠે બ નળીમાં ઋણ અને ક આગળ ધન વિજળી છે. અ ગોળામાંથી વિજળી લગીર પણ ઓછી થતી નથી તે છતાં બ અને ક નળીમાં વિજળી ક્યાંથી આવે છે ? બીજે ક્યાંઈ બહારથી તો આવે એમ હોય નહિ. બ અને ક નળીમાં પહેલાંથી જ બન્ને પ્રકારની વિજળી હતી, અને જેવી એ નળીઓ અ ગોળાની પાસે આણી કે તરત તેમાંની બન્ને જાતની વિજળી છૂટી પડીને જુદા જુદા છેડા તરફ જાય છે. અ ગોળામાં ધન વિજળી હોવાથી તે નળીઓની ઋણ વિજળીને આકર્ષણ કરે છે. તેથી ક આગળ ધન વિજળી એકઠી થાય છે. પછી નળીઓને છૂટી કરીએ છીએ ત્યારે બન્ને વિજળીઓ છૂટી ને છૂટી રહે છે.

ઉપરના પ્રયોગથી આપણે એ જાણ્યું કે દરેક પદાર્થમાં બન્ને જાતની વિજળી હોય છે; તેમ જ તેની સમતુલ્યતા થએલી હોય છે. પદાર્થને જો વિજળી ભરેલા બીજા પદાર્થ પાસે મુકીએ તો તેની સમતુલ્યતા મટી તેમાંની વિજળી છૂટી પડે છે. વિજળી ભરેલા પદાર્થમાં જે જાતની વિજળી હોય છે તે જ જાતની વિજળી મુકેલા પદાર્થના બીજા છેડા તરફ એકઠી થાય છે અને એનાથી જુદી જાતની વિજળી પદાર્થની તરફના છેડા ઉપર એકઠી થાય છે.

ઈલેક્ટ્રોફોરસ નામનું વિજળી પેદા કરનારૂં યન્ત્ર:— ઇલેક્ટ્રોફોરસ નામનું વિજળી પેદા કરનારૂં એક બીજું યન્ત્ર નીચેની આકૃતિમાં ચિતર્યું છે.

આકૃતિ પર.



આ એક દસ કે બાર ઈંચ વ્યાસનું પહોળું ધાતુનું પતરૂં છે. તેના ઉપર એક નવ દસ ઇંચ વ્યાસનું પહોળું રાળ, રબર, લાખ અથવા ગંધકનું રોટલી જેવું પડ છે. તેના ઉપર પાછું સાત આઠ ઇંચ વ્યાસનું ધાતુનું પતરૂં છે. આ ઉપરનું પતરૂં ઉચકી લેવાય છે અને એમાં આવેલી વિજળી નિકળી ન જાય માટે એને ઉચકવાને કાચનો હાથો જડયો છે. હવે એમાં વિજળી કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તે જોઇએ.

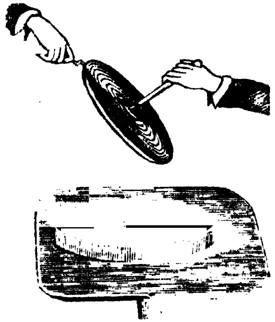
આકૃતિ પ૩.



ઇલેક્ટ્રોફોરસને તપાવીને સહેજ ગરમ કર્યા પછી કાચનો હાથો પકડીને ઉપરનું પતરૂં લેઇ લેવું. પછીથી લાખના પડ ઉપર રેશમના રૂમાલ અથવા ફલાલીનના કકડાથી ખૂબ ઝાપટવું. બિલાડીનું કમાવેલું ચામડું આ કામને માટે ખાસ વપરાય છે. ઝાપટયું કે લાખ ઉપર ઋણ વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે. પછી પતરૂં પાછું મુકવું એટલે લાખ ઉપરની વિજળી પતરાની અંદરની વિજળીનું પૃથક્કરણ કરીને તેની અંદરની બે પ્રકારની વિજળીને છૂટી પાડે છે. ઋણ વિજળી ધક્કાઇને પતરાની ઉપરની બાજુએ એકઠી થાય છે, અને ધન વિજળી લાખ ઉપર ઋણ વિજળી છે માટે પતરાની નીચલી બાજુએ એકઠી થાય છે. પતરાની ઉપરની બાજુએ તમારી આંગળી અડાડો કે ઉપરની બાજુની વિજળી તમારા શરીરમાં થઇને જમીનમાં જતી રહે છે. અને પતરાની અંદર ધન વિજળી જ

રહે છે. હવે પતરાને કાચના દસ્તાથી ઉચકીને એની ઉપલી બાજુ જો તમારી આંગળીની પાસે લાવો તો આંગળીમાં ઝીણો તણખો પેસતો જણાશે અને તમને લગીર ચટકો લાગશે. પતરૂં લાખ ઉપરથી

આકૃતિ ૫૪.



લઇએ તે વખત લાખ ઉપરની વિજળી પતરાની જોડે જોડે આવતી નથી. ઉપાડેલા પતરામાંથી તમારી આંગળીમાં એક વાર વિજળી આવ્યા પછી, પતરૂં બીજી વાર લાખ ઉપર મુકો એટલે તેમાં ફરી વિજળી આવે છે. પતરૂં જ્યારે લાખ ઉપર હોય છે ત્યારે લાખ ઉપરની વિજળીથી એની વિજળીનું પૃથક્કરણ થઇ ઋણ વિજળી પતરાની ઉપરની બાજુએ રહે છે. આ વિજળી આપણી આંગળીમાં થઇને જમીનમાં જતી રહે છે. પતરૂં જેવું ઉચક્યું કે એની અંદરની ધન વિજળી આંગળીની વાટે જમીનની અંદરની ઋણ વિજળીને પોતાની પાસે આકર્ષે છે. આથી બન્ને પ્રકારની વિજળીની સમતુલ્યતા થઇ રહે છે. વળી પાછું લાખ ઉપર મુકો એટલે વિજળીનું પૃથક્કરણ થાય છે એ પ્રમાણે ગમે તેટલી વાર કરો તોએ થયાં જાય.

આ યન્ત્રમાં એક વાર વિજળી ભરીએ એટલે પછી તે આઠ આઠ દસ દસ દિવસ સુધી રહી શકે છે. હવામાં ભેજ હોય તો બહુ દિવસ રહેતી નથી. તેમ જ આંગળીમાં તણખો પણ ગમે તેટલી વાર નિકળે છે.

લેડન જાર:—એક જાતની કાચની શીશી હોય છે. તેમાં જોઇએ તેટલી વિજળી ભરી મુકાય છે. ઇ. સ. ૧૭૪૬ માં લેડન નામના

શહેરમાં એક વિદ્વાન વિજ્ઞાનિકે એવી શીશીમાં વિજળી ભરી મુકાય એ વાત જણાવી હતી માટે એવી શીશીને લેડન જાર્ કહે છે.

આકૃતિ ૫૫.



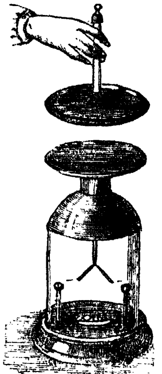
એક કાચના પહોળા મોંના શીશાને અંદર અને બહારથી કલાઇનું પતરૂં જડી લે છે. શીશાના મોં અગાડી કેટલોક ભાગ પતરાં જડયા વગરનો રહેવા દીધો હોય છે. શીશાના મોમાં લાકડાનો બૂચ હોય છે અને બૂચની અંદર કાણું પાડીને તેમાં પીત્તળનો સળીઓ જડી લીધો હોય છે. એ સળીઓ શીશીમાં છેક નીચે સુધી અડે એવો હોય છે. સળીઆની બહારની બાજુને છેડે પીત્તળના ગોળા જેવો દડો હોય છે.

આ શીશી હાથમાં પકડીને વિજળીના યન્ત્રના વિજળી એકઠી થવાના ભાગ આગળ ધરીએ તો તેમાંથી વિજળી આ શીશીમાં આવે છે. એ પ્રમાણે આપણી મરજીમાં આવે એટલી વિજળી ભરી શકાય છે.

હવામાં ભેજ ન હોય તો ઘણા વખત સુધી વિજળી શીશીમાં રહી શકે છે. વિજળી ભરતી વખતે શીશી હાથમાં લીધી હોય છે ત્યારે અંદરની વિજળી બહારની પતરા અંદરની વિજળીનું પૃથક્કરણ કરીને ઋણ વિજળીને પતરાની માંહેની બાજુએ ખેંચે છે; અને ધનને પતરાની બહારની બાજુ ધકેલે છે. એ બહારના ભાગની ધન વિજળી હાથમાં થઈને જમીનમાં જતી રહે છે. આ પ્રમાણે શીશીની અંદરના પતરા ઉપર ધન અને બહારના પતરા ઉપર ઋણ વિજળી એકઠી થાય છે.

આ બે પ્રકારની વિજળી એક બીજાની પાસે જવાનું ઘણુંએ જોર કરે છે પણ આડો કાચ હોવાથી જઈ શકતી નથી. કાચ વિદ્યુતરોધક પદાર્થ છે એ કહ્યું જ છે.

આકૃતિ ૫૬.



ઇલેક્ટ્રોસ્કોપ:—કોઇપણ પદાર્થમાં વિજળી પેદા થઇ છે કે નહિ અને થઈ છે તો કયા પ્રકારની, ધન કે ઋણ એ જોવાને માટે જે યન્ત્ર વપરાય છે તેને ઇલેક્ટ્રોસ્કોપ કહે છે. એમાં એક કાચની હાંડી ઉંધી પાડી હોય એવા આકારના વાસણમાં ઉપર લાકડાના બૂચમાંથી એક પીત્તળનો સળીઓ નીચે સુધી લાંબો હોય છે. સળીઆને ઉપરને બહારને છેડે પીત્તળની તાસક જેવો ભાગ હોય છે અને શીશીની અંદરને છેડે બે સોનાનાં વરખના કકડા ચોડયા હોય છે. વિજળીથી સોનાના વરખ અરસપરસ આકર્ષાય કે દૂર જાય તે પરથી વિજળી છે કે નહિ તે અને કયા પ્રકારની છે તે જણાય છે. મૂળ આ યન્ત્ર બેનેટે બનાવ્યું હતું. વોલ્ટાએ તેમાં સુધારો કરી બહુ ઉપયોગી બનાવ્યું છે.

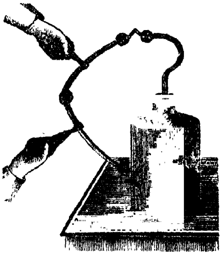
વિજળીનો વેગ:—કાચની શીશીની જાડાઇ ઘણું ઘણું તો એક ઇંચિનો વીસમો ભાગ હશે પણ એટલામાં એ વિજળી જઇ શકતી નથી. પરંતુ જો વિદ્યુદ્વાહક પદાર્થમાં થઇને જવાનું હોય તો વિજળીનો વેગ અદ્દભૂત હોય છે. વિદ્યુદ્વાહક પદાર્થ સો કે હજાર ગાઉ લાંબો હોય તો પણ તેમાંથી દોડીને વિજળી એક ક્ષણમાં બીજી વિજળીને ભેટે છે! સર ચાર્લ્સ વ્હીટસ્ટોન નામના વિદ્વાને એક યૂક્તિથી વિજળીના વેગની ગણતરી કાઢી છે. એણે એવો અડસટ્ટો કાઢયો છે કે જો ત્રાંબાનો તાર હોય તો વિજળી એક સેકંડમાં ૨૮૦૦૦૦ મૈલની ઝડપે દોડે છે! આ વેગ પ્રકાશની ગતિના વેગ કરતાં ઘણો જ વધારે છે. જેટલી ઝડપથી વિજળી ત્રાંબામાં દોડે છે તેટલી ઝડપથી બીજા કશામાં દોડતી નથી.

વિજળીનો ધક્કો:—પાંચ સાત માણસો; એક બીજાના હાથ પકડીને ગોળ કુંડાળામાં ઉભા રહે અને એક છેડા ઉપરના માણસના હાથમાં લેડનજાર હોય તે બીજા છેડા ઉપરના માણસના આંગળા પાસે

લાવે તો લેડનજારમાંથી નિકળીને વિજળીનો તણખો પેલા માણસની આંગળીમાં જાય છે. તેજ વખત દરેક માણસને વિજળીનો ધક્કો લાગે છે. પણ જો વિજળી વધારે હોય તો માણસથી ખમી ન શકાય એટલો ધક્કો લાગે છે. બહુ જ જોરથી ધક્કો લાગે તો વખતે માણસ મરીએ જાય માટે શિક્ષકની મદદ વગર આ પ્રયોગ તમારે અજમાવવો નહિ.

જ્યારે લેડનજારમાં વિજળી વધારે એકઠી થઈ ગઇ હોય છે તો થોડી વિજળી કાઢી નાંખવી પડે છે. એ કામ સારૂ એક પીત્તળના ચીપીઆ જેવું હથીઆર વપરાય છે. જાડા પીત્તળના બે સળીઆને સાંકડા પહોળા થાય એમ જડી લીધા હોય છે. તેને બે છેડે બે દડા જેવું હોય છે. તારને અડકયા સિવાય સાંકડા પહોળા કરી શકાય માટે દરેક પાંખીઆને એકેક કાચનો હાથો જડયો હોય છે. એ હાથા ઝાલીને આકૃતિમાં ચિતર્યા પ્રમાણે એનો એક છેડો લીડનજારના ઢાંકણાની અંદરના સળીઆના ગોળ દડાને અડાડે છે; અને બીજો લેડનજારની બહારના કલાઇના પતરાને અડકાડે છે. આથી અંદરની વિજળી બહારના પતરા ઉપર આવે છે અને ત્યાંથી જતી રહે છે.

આકૃતિ ૫૯.



અત્યાર સુધી આપણે જે વિજળીની વાત અને પ્રયોગો કર્યા ને ઘર્ષણ વિજળી સંબંધે હતા.

વાતાવરણની વીજળી:—વિજળી પેદા કરવાના યન્ત્રોમાંથી નિકળતા તણખા અને થતો તડતડાટ એ આકાશમાં થતી વિજળી અને ગર્જનાને મળતાં આવે છે એવું પૂર્વના વિજ્ઞાનિકોને લાગ્યું તો હતું, પરન્તુ યન્ત્રમાં થતી અને આકાશમાં થતી વિજળી એ એક જ છે એ

પ્રથમ પ્રતિપાદન કરવાનું માન બેન્જામીન ફ્રેંકલીનને ઘટે છે. એમણે એક મોટો ધાતુનાં અણીઆં જડેલો પતંગ બનાવ્યો હતો. પતંગમાં વિજળી હોય તો આવે, બીજે જતી ન રહે વગેરે બાબતોની ગોઠવણ કરીને ફિલાડેલ્ફીઆ આગળ એક ખેતરમાંથી ઉરાડયો હતો. પ્રથમ તો એને ફત્તેહ ન મળી. પતંગમાં વિજળી ન આવી અથવા આવી તો બીજી રીતે જતી રહી. આ નાસીપાસી પછી એણે ફરી યત્ન કર્યો. તે વખત ધાતુનાં અણિયાં વડે આકર્ષાઇ વિજળી પતંગમાં આવી અને દોરી વાટે નીચે ઉતરી. દોરીમાં પરોવેલી એક કુંચીમાં આવી અને એમની આંગળીને વિજળીના યન્ત્રમાંથી નિકળે તેવા જ તણખા ઉડયા. ફ્રાંકિલન પોતાના એક પત્રમાં લખે છે કે જ્યારે એને આ વાત જડી ત્યારે એના આનંદનો પાર રહ્યો નહિ અને એની આંખમાં હર્ષાશ્રુ આવી ગયાં. ફ્રાંકિલનના સમયમાં પદાર્થવિજ્ઞાનની શોધો હાલ જેટલી નહોતી થઇ અને તેથી એમણે ધાર્યું કે પતંગમાં આવેલી વિજળી વાદળાંમાંથી આવી હશે. હાલ તો આ શાસ્ત્રનો સાધારણ વિદ્યાર્થી પણ કહે કે એ તો સાનિધ્યજનિત વિજળી હોવી જ જોઇએ.

વાતાવરણમાં વિજળી છે એ સાબિત કરવાને ઘણી જાતનાં યન્ત્રો બનાવાયાં છે. બેન્જામીન ફ્રેંકિલને પોતાના પ્રયોગને જાહેરમાં મૂકયો તેથી ડેલીબાર્ડ નામના વિજ્ઞાનિકે એક યન્ત્ર બનાવ્યું હતું. ડેલીબાર્ડના જેવા યન્ત્ર વડે વાતાવરણમાં વિજળી છે કે નહિ એ તપાસતાં સેંટપિટર્સબર્ગનો રીચમેન નામનો વિજ્ઞાનિક વિજળીનો સખ્ત ધકકો લાગવાથી મરણ પામ્યો હતો. આ નાના પુસ્તકમાં જ્ઞાનની તરસ છિપાવવા વિજ્ઞાનિકોએ કરેલા યત્નોનું સવિસ્તર વર્ણન કરવાનો અવકાશ નથી. વાતાવરણમાં હમેશ–ગાજવિજનું તોફાન હોય કે ન હોય તેવે વખતે પણ વિજળી હોય છે એટલું જ જાણો તો બસ છે. આ વિજળી બહુધા ધન હોય છે. પૃથ્વીની વિજળી ઋણ છે એમ પેલ્ટીઅર નામના વિજ્ઞાનિકે શોધી કાઢયું હતું. વાતાવરણમાં ગાજવિજનાં તોફાન થાય છે તે વખતે બહુધા વરસાદ હોય છે. પૃથ્વીનું ઉષ્ણતામાન અને વાતાવરણનું

ઉષ્ણતામાન વગેરે ઘણી ઘણી બાબતથી આ વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે.

ચમકારો:—વિજળીના ચમકારાનું વર્ણન કરવાની જરૂર નથી. આકાશમાં થતી વિજળી કદી ન જોઈ હોય એવું કોણ હોય ? જો એ ચમકારો પૃથ્વીની પાસે હોય તો સફેદ દેખાય છે. પણ જો ઘણે ઉંચે, પાતળી હવામાં હોય છે તો સહજ વાદળી રંગનો હોય છે. વિજળી પેદા કરનારા યન્ત્રમાંથી નિકળતો ચમકારો પાતળી હવામાં થઈને જતાં એવા રંગનો જણાય છે. જો કે આપણે આકાશમાં વિજળીનો એક જ ચમકારો દેખીએ છીએ, પણ ખરૂં જોતાં તે છૂટા છૂટા ચમકારાનો બનેલો છે. યન્ત્રનો ચમકારો પણ એમ જ છૂટા છૂટા તણખાનો બનેલો હોય છે. ચમકારો પૃથ્વી તરફ જાય છે અને પાછો ફરે છે એમ આમતેમ જતી ગતિએ એ અગાડી ધપે છે. આ આમતેમ હાલવામાં સમય એક સેકંડનો એક લક્ષાંશ હોવાથી એટલો તો ઓછો લાગે છે કે આપણી આંખ એ પરખી શકતી નથી. ગર્જના માત્ર સત્તર મૈલ સુધી સંભળાય છે પણ ચમકારો તો દોઢસો મૈલ સુધી દેખાય છે.

ગર્જના:—ગાજવિજ વખતે એક પછી એક થતી વિજળીના તણખાઓનો સમગ્ર અવાજ એ જ ગર્જના. વિજળી પેદા કરનારાં યન્ત્રમાં જે તડતડાટ થાય છે તેવા જ આ તણખા પણ છે. ગર્જના અને ચમકારો એક જ સમયે ઉત્પન્ન થયાં છતાં પણ આપણને તે જુદે જુદે વખતે થયાં હોય નહિ એવું લાગે છે. અવાજની ગતિ માત્ર એક સેકંડમાં ૧૧૦૦ ફિટની છે અને વિજળીનો વેગ તો ઘણો જ વધારે છે એ અમે કહી ગયા છીએ. જ્યાં ગર્જના ઉત્પન્ન થાય છે તેવાં વાદળાં ૭૦૦ થી ૪૦૦૦ ફિટ ઉંચે હોય છે. ચમકારો હમેશ ઉંચેથી નિચલી તરફ આવતો જણાય છે. પરન્તુ નીચેથી ઉપર જતો ચમકારો પણ જણાયલો છે.

વિજળીના ચમકારાથી મનુષ્યો અને પ્રાણિયો મરણ પામે છે; શિઘ્રજ્વાળાગ્રાહી પદાર્થો સળગી ઉઠે છે; ધાતુઓ પીગળી જાય છે; વિદ્યુતરોધક પદાર્થોના ચૂરે ચૂરા થઈ જાય છે. ચમકારો જમીનમાં પેસે છે તે વખત જતાં જતાં ચકમકવાળા પદાર્થો પીગાળી નાંખે છે, એથી

વિજળી પડી હોય ત્યાં દસ દસ બાર બાર ફિટ લાંબી ઉપરથી પહોળી અને સાંકડી થતાં થતાં છેક અણીદાર થઇ ગઇ હોય એવી ફાટો પડી જાય છે. એ ચમકારો જો લોઢાના સળીઆ ઉપર પડે તો તેનામાં લોહચૂંબકનો ગુણ આવી જાય છે. ધ્રુવની માછલી–હોકાયન્ત્ર–પર ચમકારાની અસરથી તેના બન્ને છેડા–ઉલટ સુલટ થઇ જાય છે; એટલે કે ઉત્તર તરફ રહેનારો છેડો દક્ષિણ તરફ રહેવા માંડે છે ! ઠંડી કરતાં ગરમ હવામાં વિજળી સહેલાઇથી ફેલાય છે, માટે જ તોફાન વખતે એક જ ચમકારાવડે ઘેટાંનાં ટોળે ટોળાં મરી જાય છે. વરસાદ અને ટાઢને લીધે ઘેટાં એકબીજાની પાસે પાસે ટોળે મળીને બેસે છે અને તેમની ગરમીથી ગરમ હવાનો થાંભલો જ ન બન્યો હોય એમ થઇ રહે છે.

વિજળી પડયા પછી એક અમુક તરેહની વાસ આવે છે. વિજળીથી ઓઝોન નામનો વાતરૂપ પદાર્થ થાય છે તેની એ વાસ છે. વિજળી પેદા કરનાર યન્ત્રથી કામ કરતાં પણ ઓઝોન ઉત્પન્ન થઈ એવી જ વાસ આવે છે. ચમકારો થતી વખત આકાશમાં નૈટ્રિક એસિડ ઉત્પન્ન થાય છે અને તોફાન પછી થએલા વરસાદના પાણીમાં એ એસિડ માલમ પડે છે.

ઘણા માણસોને વિજળી પડવાની બહુ જ ધાસ્તી હોય છે. પણ જો આપણે વિજળીથી મરણ પામેલાં માણસોનું પ્રમાણ જોઇએ તો એ ધાસ્તી કારણ વગરની જણાય છે. સાધારણ રીતે રેલ્વેમાં થતા અકસ્માતને લઇને થતાં મરણો કરતાં વિજળીથી ઘણાં જ કમતી મરણ થાય છે.

જ્યારે વિજળી કોઇ ઉંચા પદાર્થ પર પડે છે ત્યારે એ વિજળીની સાથે સમતુલ્યતા કરવા પૃથ્વીમાંથી બીજો વિજળીનો ધક્કો આવે છે. આ ધક્કો ઘણા માણસોને લાગે છે. જો કે આકાશમાંથી પડતા ચમકારાના ધક્કા કરતાં આ ધક્કો નરમ હોય છે છતાં ઘણાં એ માણસોએ એનાથી પોતાના પ્રાણ ખોયા છે.

વિદ્યુત્વાહક સળીઆઃ—મકાનોની બાજુમાં ધાતુના મોટા અને જાડા સળીઆ જડવામાં આવે છે. તેનો ઉપરનો છેડો મકાનના ઉંચામાં ઉંચા ભાગ કરતાં ઉંચો રાખવામાં આવે છે. એનો બીજો છેડો જમી-

નમાં દાટવામાં આવે છે. ઈ. સ. ૧૭૫૫ માં ફ્રેંકલિને મકાનનું વિજળીથી રક્ષણ કરવાને આ યોજના કરી હતી. બહુધા આ સળીઓ લોઢા અથવા તાંબાનો, ગોળ અથવા ચપટો, બનાવવામાં આવે છે. એને ઉપરને છેડે ત્રિશૂળ જેવાં અણીયાં કરવામાં આવે છે. ઘણું કરીને આ સળીઓને કુવામાં ઉતારવામાં આવે છે અને પૃથ્વી જોડે બરોબર સંબંધ કરવાને નીચલે છેડેથી બે ત્રણ ફાંટા કાઢવામાં આવે છે. જમીનમાં એને ધાતુના મોટા પતરા જોડે સાંધવામાં આવે છે. જો કુવો પાસે ન હોય તો નિચલા છેડાને જમીનમાં છ સાત ફિટ ઉંડો જ્યાં જમીન ભેજવાળી હોય ત્યાં દાટવામાં આવે છે. પછી ખાડો પૂરી દઈ ખૂબ સખ્ત બેસારી દેવામાં આવે છે. ફ્રેંકલિને જેમ પતંગનો પ્રયોગ કરીને પોતે ખોટા નિર્ણયપર આવ્યો હતો કે પતંગમાં વાતાવરણમાંની વિજળી ઉતરી આવી, તેમ આ સળીઓના સંબંધમાં પણ તેમણે સળીઆ વાટે આકાશમાંથી પડતી વિજળી આવે છે એમ માનવાની ચૂક કરી હતી. ખરી વાત એ છે કે જેવી વિજળી સળીઆ પાસે આવે કે સળીઆમાં સાનિધ્યજનિત વિજળી ઉત્પન્ન થાય અને તેથી આવતી વિજળી સાથે સમતુલ્યતા થઇ જાય, અને વાતાવરણમાં પણ વિજળીનો ક્ષોભ થયો હોય તે પણ શમે. આમ આ સળીઆને લીધે મકાન વગેરેનું રક્ષણ થાય છે એટલું જ નહિ પણ તેથી વાતાવરણનું તોફાન પણ શમે છે !

આવો વિદ્યુત્વાહક સળીઓ વિજળી એનામાં થઇને જતી વખત પીગળી ન જાય એટલો જાડો જોઇએ; એનો ઉપરનો છેડો એક અથવા વધારે અણીઆંવાળો જોઇએ જેથી સાનિધ્યજનિત વિજળી સહેલાઇથી નીકળે. ઉપરના છેડાથી તે જમીનમાં દાટેલા છેડા સુધી સળીયો સળંગ જોડાયેલો જોઇએ. વચ્ચે વચ્ચે તૂટેલો ન હોવો જોઈએ; તેમ જ એનો નિચલા છેડાનો પૃથ્વીની સાથે બરોબર સંબંધ કરેલો હોવો જોઇએ; મકાનનો કોઈ ભાગ જેવા કે છાપરાં, ખાળના નળ વગેરે ધાતુના હોય તો તેમનો સળીઆ જોડે સંબંધ કરવો જોઈએ. જો છેલ્લી બે સૂચના પ્રમાણે

કર્યું ન હોય તો મકાન અને સળીઆ વચ્ચે વિજળી ઉત્પન્ન થા
તેનાથી મકાન વધારે જોખમાય છે.

રસાયનિક વિજળી:—જેમ ઘર્ષણવડે વિજળી ઉત્પન્ન થા છે, વાતાવરણમાં વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે તેમ રસાયનિક ક્રિયાવડે પણ વિજળી ઉત્પન્ન થાય છે. આ બધી વિજળી સરખી જ હોય છે. ધ અને ઋણ નામ સંબંધે વાત કરતાં ઇસારો કર્યો હતો કે એ નામ કાંઇ ખાસ હેતુસર જ પાડયાં છે એમ નથી. ઘર્ષણ વિજળી મોટ જથ્થામાં થતી નથી. તેને એક જગાએ ભરી રખાય છે, માટે કો વખત એને "સ્થિર વિજળી" પણ કહેવામાં આવે છે. રસાયનિ વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ ને ચાલુ રાખવો પડતો હોવાથી તેને "ચલિ વિજળી" નામ આપવામાં આવે છે.

ઇટલીના બોલોના શહેરના વિજ્ઞાનિક ગેલ્વેનીને માલમ પડયું વિજળી પેદા કરવાના યન્ત્રની પાસે તાંબાના આંકડાથી લોઢાના કઠેરા લટકાવેલા તાજા મુવેલા દેડકાના પગ વારે વારે સંકોચાતા હતા. એ અનુમાન કર્યું કે ધાતુની મારફત દેડકાના સ્નાયુઓમાંથી નિકળીને વિજળ એની જ્ઞાનરજ્જુઓમાં જાય છે; અને એમ થવાથી દેડકાના પગ સંકોચાય છે. ઘણા વિદ્વાનો ગેલ્વેનીની આ કલ્પનાની વિરૂદ્ધ થયા હતા પણ તેમાં પાવિયાનો પદાર્થવિજ્ઞાનિક વોલ્ટા મુખ્ય હતો. વોલ્ટાન કહેવા મુજબ જુદી જુદી ધાતુઓ–આ વખતે તાંબુ અને લોઢું–ના એક બીજાના સંબંધમાં આવવાથી વિજળી થઇ હતી અને સ્નાયુ અને રજ્જુઓ માત્ર વિદ્યુતવાહક તરીકે જ કામ કરતાં હતાં.

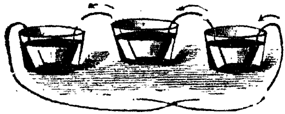
વોલ્ટાનુ પાઇલ અને બેટરી:*— પોતે પ્રતિપાદન કરેલ કલ્પના સાબિત કરવાને વોલ્ટાએ જુદી જુદી જાતનાં યન્ત્રો બનાવ્ય હતાં. પણ એના "વોલ્ટેઇક પાઇલ"–નામના યન્ત્રથી એનું નામ અમર થઈ ગયું છે. આ યંત્રમાં ઉભા સળીઆની ત્રણ ચાર થાંભલીઓ વચ્ચે જુદી જુદી ધાતુનાં ગોળ રકાબી જેવાં પતરાં એક ઉપર એક ગોઠવેલાં

* રસાયનિક વિજળી ઉત્પન્ન કરવાના વાસણને ઇંગ્રેજીમાં બેટરી કહે છે

હોય છે. પ્રથમ તાંબાનુ, પછી એસીડમાં બોળેલું લૂગડું, પછી જસતનું પતરૂ, પાછું લૂગડું, પછી તાંબાનુ, એમ એક ઉપર એક એમ ઘણાં પતરાં ગોઠવી છેવટના જસતના પતરાને તાર ચોઢયો હોય છે. આ તાર પહેલા તાંબાના પતરામાં જડેલા તાર સાથે જોડયાથી વિજળીનો પ્રવાહ ચાલે છે.

વોલ્ટાની બેટરી:—આ બેટરીમાં એક કાચના પ્યાલામાં એક જસતનું અને એક તાંબાનું એવાં બે પતરાં હોય છે. બીજા પ્યાલામાં પણ જસતનું અને તાંબાનું પતરૂં હોય છે પણ પહેલા પ્યાલાના તાંબાના પતરા જોડે બીજા પ્યાલાનું જસતનું પતરૂં તારથી જોડેલું હોય છે. વળી એવાજ ત્રીજા પ્યાલાનું જસતનું પતરૂ બીજાના તાંબાના પતરા જોડે જોડેલું હોય છે. આમ મરજીમાં આવે એટલા પ્યાલાની બેટરી બનાવાય છે. જેટલા પ્યાલા રાખવા હોય તે બધામાં પતરાંની એવી ગોઠવણ હોય છે. પહેલા પ્યાના તાંબાના પતરાને જસતના પતરાની જોડ નથી હોતી; અને છેલ્લા પ્યાલાના જસતના પતરાને તાંબાના પતરાની જોડ નથી હોતી. એ બે છેડાના પતરાંને તાર બાંધ્યા હોય છે. દરેક પ્યાલામાં એક ભાગ ગંધકનો તેજાબ અને આઠ ભાગ પાણી એવું મિશ્રણભર્યું હોય છે. ઉપર કહી ગયા કે એક છેડે તાંબાનું અને બીજે છેડે જસતનું પતરૂં જોડ વગરનું હોય છે. એ બન્ને છેલ્લાં પતરાને બાંધેલા તાર એક બીજાને અડાડીએ એટલે એ પણ એક જોડકું જ બની રહે છે. જેવા એ બે તારને જોડયા કે છેલ્લા તાંબાના પતરામાંથી વિજળી નિકળી જસતના પતરામાં જવા દોડે છે. ત્યારપછી જસતના પતરામાંથી નિકળી એ એ જ પ્યાલાની અંદરના તાંબાના પતરામાં જાય છે. પછી પાછી બીજા જસતના પતરાપર અને ત્યાંથી તાંબાના પતરાપર એમ વિજળી જાય છે. વિજળીનો પ્રવાહ કેણી તરફ જાય છે એ આ આવૃત્તિમાં તીર ચિતરીને બતાવ્યું છે.

આકૃતિ ૫૮.



વોલ્ટાની બેટરીમાં વિજળીનો પ્રવાહ શરૂઆતમાં તો ઘણો જોરાવર હોય છે. પાછળથી તે નબળો પડી જાય છે. જસતના પતરા જોડે ગંધકનો તેજાબ મળવાથી એસિડનું પૃથક્કરણ થાય છે. જસત અને ગંધકનો તેજાબ મળવાથી સલ્ફેટ ઓફ્ ઝીંક નામે ધોળો ભૂકો બને છે. આમ થવાથી જસત ખવાઇ જાય છે અને તાંબાના પતરા ઉપર એસિડમાંથી છૂટા પડેલા હૈડ્રોજનની ઝીણી ઝીણી પરપોટીઓ બાઝી રહે છે. જેટલી જગાએ પરપોટીઓ થાય તેટલી જગાએ એસિડની અસર ન થાય એ દેખીતું છે. એમ બને છે એટલે વિજળી એટલી ઓછી ઉત્પન્ન થાય છે.

વોલ્ટાની પછી ઘણા વિજ્ઞાનિકોએ જુદા જુદા પ્રકારની બેટરીઓ બનાવી છે. વિજળીનો પ્રવાહ સતત એકધારો વહ્યા જાય એ અંતિમ હેતુથી નવી બેટરીઓ બનાવવામાં આવી છે. તેમાં ગ્રોવની બેટરી સારી છે.

આ જાતની એટલે ગ્રોવની બેટરીમાં એક જ પ્યાલાને બદલે એક પ્યાલામાં બીજો પ્યાલો રાખવામાં આવે છે. બહારનું વાસણ કોઠીનું હોય છે. તેમાં નરમ ગંધકનો તેજાબ ભરવામાં આવે છે. આ વાસણમાં બીજું વગર લખોટેલું માટીનું વાસણ રાખવામાં આવે છે. એ વાસણમાં સુરાખારનો તેજાબ ભરવામાં આવે છે. એ તેજાબમાં પ્લેટિનમ્ નામની સખ્ત ધાતુનું પતરૂં મુકવામાં આવે છે. માંહેલો પ્યાલો વગર લખોટેલો હોવાથી એમાં ભરેલો પ્રવાહી ઝમે છે. વોલ્ટાની બેટરીમાં જે કામ તાંબાના પતરાથી થતું હતું તે આ બેટરીમાં પ્લેટિનમના પતરાથી નિપજે છે જસતના પતરા ઉપર પારો ચઢાવે છે*. એમ પારો ચઢાવેલો હોવાથી જસતનાં પતરાં એસિડમાં ખવાઇ જતાં નથી.

---

* જસતનાં પતરાંને ખૂબ સાફ કરવાં, અને ધોળો ભૂકો કે એવું કાંઇ ચોટ્યું હોય તે કાઢી નાંખવું. પછી તેને નરમ ગંધકનો તેજાબ ચોપડીને એના ઉપર પારો ઘસવો એટલે પતરાંને કલાઇ દીધી ન હોય એમ એના ઉપર પારો ચઢી જશે.

હવે બેટરીમાં વિજળી શી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તે જોઈએ. ગંધકનો તેજાબ જસતને અડકે છે એટલે ઝાઝી રસાયનિક પ્રીતિના સબબથી એસિડ પોતાની અંદરના હૈડ્રોજનને તજી દઇ જસતની સાથે મળી જઇ સલ્ફેટ ઓફ્ ઝીંક બનાવે છે. છૂટો પડેલો હૈડ્રોજન વાસણની બહાર ન નિકળી જતાં પેલા માટીના વગર લપેટેલા વાસણમાં જાય છે. અહીં ભરેલા નૈટ્રિક એસિડ (સુરાખારનો તેજાબ)ને મળીને તેનું પૃથક્કરણ કરે છે, અને તેની અંદરના ઓકિસજન જોડે મળીને પાણી બને છે. નૈટ્રિક એસિડમાંથી હૈડ્રોજનના લઈ લેવાથી ઓકિસજન ઓછો થાય છે અને એ એસિડ નૈટ્રિક મટીને નૈટ્રસ એસિડ બની જાય છે. બેટરીમાંથી સુંઘી શકાય નહિ અને ગળું બાળી નાંખે એવો નારંગીઆ રંગનો ધૂમાડા જેવો નિકળે છે એ જ નૈટ્રસ એસિડ.

આકૃતિ ૫૯.



હવે આ પ્રમાણે જસત આગળથી છૂટો પડેલો હૈડ્રોજન પ્લેટિનમ્ સુધી જવા પામતો નથી. આમ હોવાથી વોલ્ટા બેટરીમાં બનતું હતું તેમ પ્લેટિનમ્ ઉપર હૈડ્રોજનની પરપોટીઓ થતી જ નથી અને વિજળીનો પ્રવાહ ઓછો વત્તા ન થતાં સતત એક ધારો વહ્યાં જાય છે.

આ વર્ણન માત્ર એક વાસણનું જ કર્યું છે. પણ મોટી બેટરીઓમાં આવાં પચાસ અગર સો સો વાસણ હોય છે. એમાં એક વાસણમાંના જસતના પતરા જોડે બીજા વાસણમાંના પ્લેટિનમ્ના પતરાને તાંબાના તારથી જોડી દેછે. છેક છેલ્લા પ્લેટિનમ્ના પતરાને પહેલા જસતના પતરા સાથે જોડે છે. એમ કર્યું કે પ્રવાહ ચાલુ થાય છે.

લે કલેંચની બેટરી:—જુદી જુદી જાતની બેટરીઓ વર્ણવીને તમને ગુંચવવા નથી. માત્ર લે કલેંચની બેટરીની વાત કરીશું. આ બેટરીમાં ઝમી જાય એવા વાસણમાં કાર્બન (કોયલો)નો કડકો રાખવામાં

આવે છે. આ વાસણને બીજા વાસણમાં મુકેલું હોય છે એ બીજા વાસણમાં જસતનો સળીઓ રાખવામાં આવે છે; અને વાસણમાં નવસારનું દ્રાવણ ભરે છે.

બાઈ ક્રોમેટવાળી બેટરી બહુ સુગમતા ભરેલી થઇ પડે છે. એમાંથી ભરેલું દ્રાવણ ઢળી જવાની બીક જ રહેતી નથી. એમાં કાર્બન અને જસતનાં જાડાં પતરાં હોય છે,

વિજળીથી થતાં કામ:—વિજળીના પ્રવાહથી શારીરિક, રસાયનિક, યાંત્રિક અને કુદરતમાં અજાયબી ભરેલા ચમત્કારો થાય છે. કુદરતી ચમત્કારોમાં ગરમી, પ્રકાશ અને લોહચૂંબકત્વ સંબંધી ચમત્કારોનો પણ સમાવેશ થાય છે.

જો બેટરીના બન્ને છેડા તરફના તાર દરેક હાથમાં પકડીએ તો આપણા શરીરના પ્રતિબંધને લઇને વિજળી સહેલાઇથી જઇ શકતી નથી. મુખ્ય અવરોધ ચામડીનો થાય છે. જો ક્ષારવાળા અગર સહેજ એસિડવાળા પાણીમાં આપણા હાથ ભીના કરીને તારને પકડીએ તો વિજળી સહેલાઇથી શરીરવાટે એકથી બીજા છેડામાં જઇ શકે છે. જેવા તાર પકડયા કે આપણી હથેલીઓમાં અને હાથમાં ઝણઝણાટ થાય છે અને જ્યાં સુધી પ્રવાહ ચાલુ રહે ત્યાં સુધી ચાલુ રહે છે. નરમ પ્રવાહ જતો હોય તેવા પદાર્થને આંખનાં પોપચાં અડાડીએ તો પ્રકાશ જણાય છે. કાનની પાસે લાવીએ તો પ્રવાહ ચાલતો હોય એમ સંભળાય છે. જો બન્ને છેડા જીભ ઉપર મુકીએ તો ધન વિજળીનો સહેજ ખાટો અને ઋણ વિજળીનો ખારો સ્વાદ લાગે છે. લજામણી જેવી વનસ્પતિને પણ પ્રબળ વિજળીના બન્ને તારના છેડા અડાડતાં અસર થતી જણાય છે.

વોલ્ટાની બેટરીનો પ્રવાહ જો ઘણા ટૂંકા અને પાતળા તારમાં થઇને જતો હોય તો તે તપી જાય છે અને પ્રકાશિત થાય છે. એમ જ ગ્રોવની બેટરીના બન્ને તારના છેડાને એકઠા કરવાની જગા આગળ ઝીણો પ્લેટિનમનો તાર રાખશો તો તે પણ તપીને લાલચોળ થઈ જશે.

વિજળીના આ ગુણનો ઉપયોગ ઘણાં ઘરગથ્થુ કામમાં પણ કરાય

છે. લડાઇ વખતે તેમ જ ખાણોમાં સુરંગ ફોડતાં તેને સળગાવવી પડે છે. માણુસ સળગાવીને ખસી જાય છે પણ એમ કરતાં ઘણી વખત અકસ્માત થાય છે. અને માણસોના જાનને નૂકશાન પહોંચે છે. પરંતુ વિજળીના આ ધર્મને લઈને જામગરીના ટેટા બનાવાય છે. આ ટેટાને સુરંગમાં બરોબર ગોઠવી માણસો ખસી જાય છે, અને ઘણે દૂરથી પ્રવાહ ચાલુ કરવાથી એ ટેટા, અને પરિણામે ડાયનેમાઇટ કે એવો જે પદાર્થ સુરંગ ફોડવા ભર્યો હોય તે સળગી ઉઠે છે. વળી આ જ ધર્મના ઉપયોગવડે વિજળીથી મકાનોનો બચાવ થઈ જાય છે. વિજળીના તારમાં બળવાન પ્રવાહ ચાલીને આગ લાગવા જેવો સંભવ થતાં જ વચ્ચે રાખેલો ખાસ સાંધો પીગળી જઇને તારનો સંબંધ તૂટી જાય છે અને તેથી આગ લાગતી અટકે છે.

વળી આ જ ધર્મને કામમાં લઈને વિજળીના કાર્બનવાળા દીવા થાય છે. વિજળીના સખ્ત પ્રવાહમાં વચ્ચે કાર્બન રાખી અંતરાય પાડવામાં આવે છે. વિજળીના પ્રવાહને અંતરાય નડયો કે ત્યાં ગરમી થાય છે અને વચ્ચે રાખેલો કાર્બન તપીને સફેદ થઇ જઇ ઘણો તેજસ્વી બને છે. કાચના નિર્વાત ગોળામાં વાંસની ચીપનો કોયલો અગર તાંબાનો ઝીણો તાર તપીને તેજસ્વી થઇ જાય એવા એ દીવા બને છે.

વિજળીના પ્રવાહથી રસાયનિક મિશ્રણનું પૃથક્કરણ થાય છે. વિજળીના પ્રવાહથી મિશ્ર પદાર્થનું પૃથક્કરણ થાય છે ત્યારે તે જે જે મૂળ પદાર્થનો બનેલો હોય છે તે છૂટા પડે છે. પાણી હૈડ્રોજન

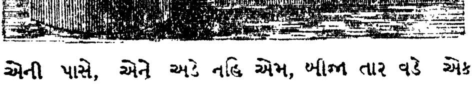
આકૃતિ ૬૦.



અને ઓક્સિજન નામના બે વાતરૂપ પદાર્થના રસાયનિક સંયોગથી બનેલું છે. વિજળી વડે પાણીનું પૃથક્કરણ થઈ આ બે વાતરૂપ પદાર્થ છૂટા પડે છે. એક કાચના વાસણમાં પાણી ભરીને તેમાં વિજળી સ્હેલાઇથી જઈ શકે માટે થોડાં ટીપાં ગંધકના તેજાબનાં નાંખવામાં આવે છે. એ પ્યાલા જેવા વાસણને તળીએ, વિજળીના બન્ને છેડાની જોડે સંબંધ કરાય માટે. પ્લેટિનમનાં પાતળાં પતરાં જડયાં હોય છે. આ દરેક પતરા ઉપર સહેજ એસિડવાળું પાણી ભરેલી એક બાજુથી ઉઘાડી કાચની નળીઓ ઉંધી પાડી હોય છે. વાસણની બેસણીમાં રાખેલા સ્ક્રુની સાથે બેટરીના બન્ને છેડાનો સંબંધ કરવામાં આવે છે. એમ કરતાં જ વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ થાય છે. અને નળીની અંદરના પાણીનું પૃથક્કરણ થઇ જસત તરફના છેડા ઉપર ઉંધી પાડેલી નળીમાં હૈડ્રોજન અને પ્લેટિનમવાળા છેડા તરફ ઉંધી પાડેલી નળીમાં ઓક્સિજન એકઠો થાય છે. જસતવાળે છેડે ઋણ અને પ્લેટિનમવાળે છેડે ધન વિજળી હોય છે, તે કહી ગયા છીએ. તેમ જ જુદી જુદી વિજળી એક બીજીને આકર્ષે છે એ પણ કહ્યું છે. રસાયનિક પૃથક્કરણ થતી વખતે હૈડ્રોજન ઋણ-નેગેટિવ છેડે એકઠો થાય છે, માટે એને ઇલેક્ટ્રોપોઝીટિવ, અને ઓક્સિજન ધન છેડે એકઠો થાય છે માટે એને ઇલેક્ટ્રોનેગેટિવ કહે છે.

વિજળીના પ્રવાહથી ઢોળ ચઢાવાય છેઃ—એક કાચના વાસણમાં મોરથુથુનું પાણી ભરીને તેમાં તાંબાના તાર વડે એક લોઢાની સાંકળ લટકાવવી.

આકૃતિ ૬૧.



એની પાસે, એને અડે નહિ એમ, બીજા તાર વડે એક તાંબાનું

પતરૂં ટાંગવું. વોલ્ટાની બેટરીના તાંબાના તારની સાથે આ તાંબાના પતરાના તારને જોડવો. જસતની તરફના તારને લોઢાની સાંકળવાળા તારની જોડે જોડવો. એમ કર્યું કે વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ થશે. એ પ્રવાહથી મોરથુથુનું પૃથક્કરણ થઇ તેની અંદરનું તાંબુ સાંકળ ઉપર એકઠું થશે. મોરથુથુ એ તાંબાનો સલ્ફેટ છે, એટલે કે તે તાંબુ અને સલ્ફ્યુરિક એસિડના રસાયનિક સંયોગથી બનેલું છે. મિશ્રણમાંનું તાંબુ જેમ જેમ ઘટતું જાય તેમ તેમ આપણે ટાંગેલા તાંબાના પતરામાંથી મિશ્રણમાં એનો ઉમેરો થાય છે.

એ રીતે ગમે તે ધાતુ ઉપર ગમે તે ધાતુ ચઢાવાય છે. જે ધાતુ પર ઢોળ ચઢાવવો હોય તેને ખૂબ ધોઇને સાફ કરવી જોઈએ. જે ધાતુનો ઢોળ ચઢાવવો હોય તેનો બનેલો પાણીમાં પીગળે એવો કોઇ મિશ્રપદાર્થ જોઇએ. તેમ જ જે પદાર્થ પર ઢોળ ચઢાવવો હોય તે વિદ્યુત્વાહક જોઇએ. જો તે પદાર્થ વિદ્યુત્વાહક ન હોય તો તેના ઉપર પ્લંબેગોનો ભૂકો ખૂબ મસળીને તેને વિદ્યુત્વાહક બનાવવામાં આવે છે.

આ જ ધર્મને લઇને સિક્કાની આબેહૂબ નકલો પણ તૈયાર કરી શકાય એવા ઢાળા બનાવાય છે.

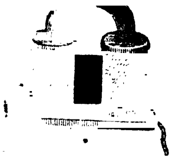
વિજળી વડે લોહચુંબક બનાવાય છેઃ—સાદા લોઢાની અંદર થઇને જો વિજળીનો પ્રવાહ જાય તો તે લોઢામાં લોહચુંબકત્વ પેદા થાય છે.

તાંબાનો સુતર અથવા રેશમ વિંટેલો તાર આવે છે. આમ દોરા વિંટવાથી એ તારની અંદરથી વિજળી બહારની તરફ જતી રહેતી નથી. એ તારને લોઢાના ઘોડાની નાળને ખૂબ વિંટાળો છે. તાર વિદ્યુત્રોધક બનેલા હોવાથી એક આંટાનો તાર બીજા આંટાના તારને અડતો નથી. એટલે વિજળી બરોબર જઇ શકતી નથી પણ એને આખા તારમાં થઇને જવું પડે છે. જેવા બેટરીના બન્ને ધ્રુવને જોડયા કે પ્રવાહ ચાલુ થાય છે અને એક છેડામાંથી નિકળી, આખા તારમાં થઈને બીજા

છેડામાં જાય છે. આમ પ્રવાહ ચલાવ્યો કે પેલા લોઢાની નાળમાં લોહચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે.

બેટરીના તારનું જોડાણ કર્યા પહેલાં એક લોઢાનો કડકો લેઇ તેને પેલી નાળને અડકાડીને તમારો હાથ ખસેડી લેશો તો કડકો ધબ લઇને ભોંય પડી જશે. તમારી ખાત્રી થશે કે નાળમાં લોહચુંબકત્વ નથી. પણ તાર સાંધ્યા પછી પેલો જ લોઢાનો કડકો નાળની પાસે લઈ જશો તો એ આકર્ષાઇને નાળને ચોંટી જશે. પડી નહિ જાય એટલું જ નહિ, પણ જો દસ શેર કે બાર શેરનું વજન લટકાવશો તો પણ ચોંટી રહેશે. જેમ જેમ તાર વધારે વિંટાળ્યો હોય છે, તેમ તેમ બેટરીના પ્રવાહનું જોર વધે છે અને એ જ પ્રમાણમાં લોહચુંબકત્વનું બળ પણ વધારે ઓછું હોય છે. જો વિજળીનો પ્રવાહ જતો અટકાવો તો લોહચુંબકત્વ જતું રહી લોઢાનો કડકો અને ટાંગેલું વજન બધું તરત ભોંય પડશે.

આકૃતિ ૬૨.

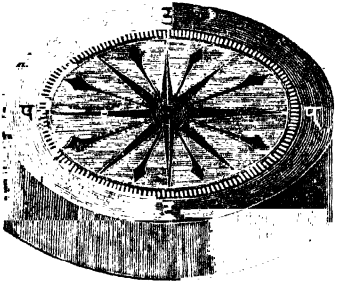


હવે જો લોઢાની નાળ કાઢી લઈ તેની જગાએ લાકડાનો કડકો મુકીએ તો પણ તેનામાં લોહચુંબકત્વ આવે છે. પણ ઓછું. સાદા લોઢાની નાળને ઠેકાણે જો પોલાદની નાળ મુકીએ અને એમાં થઇને કેટલીક વાર સુધી વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ રાખીએ તો પોલાદની નાળમાં જે લોહચુંબકત્વ આવે છે તે કાયમ રહે છે. પ્રવાહ બંધ થઈ ગયા પછી પણ એ નાળ લોઢાને આકર્ષે છે. પોલાદની સોયોમાં થઈને આવો પ્રવાહ ચાલુ કરી તેમાં સદાને માટે લોહચુંબકત્વ પેદા કરે છે. આ સોયો ધ્રુવની માછલી તરીકે વપરાય છે.

હોકાયન્ત્ર અથવા ધ્રુવ માછલી:—પોલાદની સોયમાં લોહચુંબકત્વ સદાને માટે ઉત્પન્ન કરી તેને ધ્રુવ માછલી તરીકે વાપરે છે એ તમને કહ્યું છે. લોહચુંબકવાળા પદાર્થના બે છેડાને ઉત્તર છેડો અને

દક્ષિણ છેડો એવાં નામ આપ્યાં છે. લોહચુંબક લોઢાને આકર્ષે છે. તેમ તેનો ઉત્તર છેડો ઉત્તર દિશા તરફ અને દક્ષિણ છેડો દક્ષિણ દિશા તરફ જ રહે છે. જો સોયને બીજું કશું અંતરાય કરે નહિ એમ રેશમના દોરાથી ટાંગીએ તો, એનો ઉત્તર છેડો ઉત્તર ગોળાર્ધમાં ઉત્તર ધ્રુવના તારા તરફ જ રહે છે. ગમે તેમ ફેરવો પણ એ છેડો છૂટો મુક્યો કે ઉત્તર તરફ જ ફર્યો ! આ સોય બરોબર ઉત્તર તરફ ન રહેતાં સહે જ ખૂણો કરે છે. પરંતુ આ નાના પુસ્તકમાં વધું સવિસ્તર કહેવાતું નથી.

આકૃતિ. ૬૩.



દરીઆમાં જ્યાં જળ જળ બંબાકાર હોય અને પાણી સિવાય બીજું કશું નજરે પડતું ન હોય ત્યાં વહાણવટીઓ દિવસે સૂર્ય ઉપરથી અને રાત્રે ધ્રુવના તારા ઉપરથી દિશા નક્કી કરે છે. પણ જે વખતે સૂર્ય કે ધ્રુવનો તારો નજરે ન પડે એમ હોય તે વખત દિશા જાણવાને માટે આ ધ્રુવ માછલી ઘણી જ ઉપયોગી થઇ પડે છે. એ દિશા જાણવાની માછલીને હોકાયંત્ર કહે છે. એના વડે માત્ર ઉત્તર અને દક્ષિણ નક્કી થઈ શકે છે. એ યંત્રમાં બધી દિશા ચીતરી તેનાં નામ લખ્યાં હોય છે. માછલીની તળે ઉત્તર દિશા લાવવાથી બીજી દિશાઓ જણાય એ સમજાય એવું છે.

ગમ્મતને માટે લોહચુંબકત્વવાળાં રમકડાં પણ બનાવાય છે. બતક, માછલીઓ, નાની હોડીઓ વગેરેના આગલા ભાગમાં સહેજ લોઢું જડયું હોય છે. આ નાનાં રમકડાંને પાણી ભરેલા વાસણમાં તરતાં મુકી એક

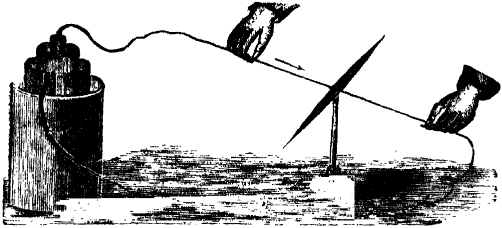
લોહચુંબકત્વવાળી સળી હોય છે, એ રમકડાંની પાસે ધરવાથી બધાં સળી તરફ ધસી આવે છે. બીજો છેડો બતાવવાથી દૂર જાય છે. નાનાં છોકરાંને આથી આનંદ થાય છે. એક દાબડીમાં સહેલાઇથી ઉભી ધરી ઉપર ફરે એવી ધ્રુવની માછલી રાખી, એ જ દાંડા ઉપર સીતાનું હલકું પુતળું બેસાડયું હોય છે. દાબડીની બાજુ ઉપર એક તરફ રામ અને એક તરફ રાવણ એવાં બે નાનાં પુતળાં હોય છે. રામનું પુતળું જે તરફ ઉત્તર ધ્રુવ રહે તે તરફ અને રાવણનું તેની સામી બાજુએ હોય છે. પછી સીતાનું મોં ફેરવીને રાવણ તરફ લાવે છે. જેવું મુકી દીધું કે તે ફરી જાય છે અને રામ તરફ જોઇને ઉભુ રહે છે!

વિજળીથી લોહચુંબક ઉપર થતી અસરનો લાભ લઈ આવાં માત્ર ગમ્મતના કરતાં બીજાં વિશેશ ઉપયોગી અને લાભકારક કામો થાય છે.

તાર:—વિજળીના પ્રવાહવડે કેવાં કેવાં કામ કરાય છે તે જાણવાથી માણસને બહુ જ લાભ થઇ શકે છે. એક સંદેશો મોકલવાના તારનો જ દાખલો લ્યો. આગગાડી કેટલી બધી ઝડપથી ચાલે છે તો પણ એને અમદાવાદથી મુંબાઈ જતાં તેર કલાક લાગે છે. પહેલાં પગ રસ્તે જતાં મહિનો મહિનો લાગતો. પરંતુ અમદાવાદથી મુંબાઇ તારમાં સંદેશો મોકલવો હોય તો એક ક્ષણથી પણ ઓછો વખત લાગે છે! અજ્ઞાન લોકો તારમાં સંદેશો કેવી રીતે જાય છે તેને માટે તરેહવાર વાતો કરે છે. કોઇ તો કહે છે કે તાર પોલો હોય છે. કાગળની ચબરકી ભુંગળીવાળી તેમાં મુકી ફૂંકે છે એટલે કાગળ ઉડીને જાય છે!! એક ટીખળી પારસી ટીકીટ માસ્તરે ગાડી ચૂકેલા ગામડીઆને ડાવકું મોં રાખી, ચાલ ફિકર નહિ, તને તારમાં મોકલી દઇએ, ચઢીજા, કહેવાથી તારના થાંભલાપર ચઢેલા અજ્ઞાન ગામડીઆને અમે જોયો છે!! પણ તાર કેવી રીતે જાય છે તે હું તમને સમજાવું.

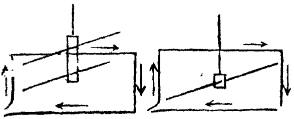
જો વિજળીના પ્રવાહની નીચે હોકાયંત્ર મુકીએ તો તેની અંદરની ધ્રુવમાછલી ઉત્તર દિશા તજીને હમેશ પ્રવાહને કાટખૂણે થઈ જાય છે.

આકૃતિ ૬૪.



પાસેની આકૃતિમાં તારની દીશા બતાવતી લીંટી ઉત્તર દક્ષિણ જાય છે ધારો કે એની નીચે લટકાવેલી ધ્રુવ માછલી પણ ઉત્તર દક્ષિણ તરફ વળેલી છે. હવે જેવો તારમાં વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ કરીએ કે તુરત સોય ફરી જઇને કાટખૂણે ઉભી રહે. ધારો કે પ્રવાહ

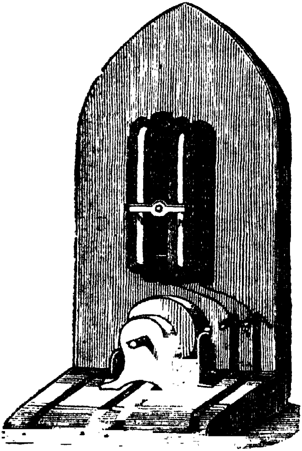
આકૃતિ ૬૫૧.



દક્ષિણ દિશામાંથી ઉત્તર તરફ જાય છે, તો સોય ઉત્તર તરફનું મોં ડાબી તરફ એટલે પશ્ચિમ તરફ ફેરવીને તારને કાટ ખૂણે ઉભી રહેશે. જો પ્રવાહ ઉત્તર દિશામાંથી દક્ષિણ તરફ જતો હશે તો સોય ઉત્તર તરફનું મોં જમણી તરફ એટલે પૂર્વ દિશામાં ફેરવીને કાટખૂણે ઉભી રહેશે. તારમાં જ્યારે પ્રવાહ ચાલતો ન હોય ત્યારે સોય ઉત્તર દક્ષિણ ઉભી રહે છે. આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે તારને સોયની ઉપરની બાજુએથી લઇને પાછી નીચેની બાજુ ઉપર પણ લીધો હોય તો તેથી ઉપર લખેલી અસર બહુ જ જોરથી થાય છે. જો તારને સોયની તળે ઉપર વધારે આંટા વિંટયા હોય તો પછી વિજળીનું જોર ઓછું હોય તો પણ તે-નાથી સોય ઘણા જોરથી ફરે છે.

પહેલાં કહ્યું કે ધાતુના તારમાં વિજળી ઘણી જોરથી ચાલે છે. તાંબાના તારમાં એક સેકંડમાં એનો વેગ ૨૮૦૦૦૦ મૈલ હોય છે. લોઢાના તારમાં એટલી બધી ઝડપથી જતી નથી; પરંતુ અમદાવાદથી કલકત્તે જતાં એને સેકંડ પણ લાગતી નથી !

આકૃતિ ૬૬.



નીચલી આકૃતિમાં સંદેશો મોકલવાના તારયંત્રમાં કેવી ગોઠવણ હોય છે તે બતાવ્યું છે. ગ્રોવની બેટરીનો એક છેડાનો તાર લોહ-ચુંબકની સોય ઉપર પાંચ પચાસ આંટા દઇને પાછો બીજે છેડે સાંધ્યો હોય છે. એક હાથો એવો રાખવામાં આવે છે જે વડે કામ કરનારની મરજી પ્રમાણે ઉપરથી અગર નીચેથી વિજળીનો પ્રવાહ ચાલુ કરાય છે. પ્રવાહની દિશા બદલાવાથી સોય ડાબી યા જમણી તરફ ફરે છે. હવે ધારો કે આ તારયંત્ર અને બેટરી અમદાવાદમાં છે. બીજુ તારયંત્ર અને બેટરી કલકત્તામાં છે. અમદાવાદવાળો માણસ જેવો ઉપરના તારમાં પ્રવાહ આવવા દે કે કલકત્તાની માછલી તરત જમણી બાજુએ વળે. જો નીચલા તારમાં પ્રથમ ચાલુ કરે તો ડાબી તરફ વળે.

આકૃતિ ૬૭.



હવે તારમાં બીજું કશું કરવાનું બાકી રહ્યું નહિ. માત્ર એવિ સંજ્ઞા ઠેરવીએ કે સોય એક વાર જમણી તરફ ફરે તો ક; બે વાર ફરે તો ખ; ત્રણ વાર ફરે તો ગ એક વાર ડાબી તરફ ફરે તો ઘ. તાર યંત્રોમાં ઇંગ્રેજી મૂળાક્ષરોની સંજ્ઞા ઠરાવી હોય છે. અમદાવાદવાળો પોતાની સોયમાં આ સંજ્ઞા વાપરીને પ્રવાહ ચલાવે, અને કલકત્તાવાળો એ લક્ષપૂર્વક જોઇને સંજ્ઞા ઉકેલીને સંદેશો લખી લે.

તારમાં મોકલેલો સંદેશો આમ જોઈ લેતાં વખતે ભૂલ થાય તેની કાંઇ નોંધ રહે નહિ. મોર્સ નામના વિદ્વાને બનાવેલા યંત્રથી તાર મુકતાં સંદેશો મોકલનાર પ્રવાહ યથેચ્છ ફેરવે એટલે સંદેશો લેનારના યંત્રમાં કાગળની લાંબી પટ્ટી ઉપર નાના ટપકાં અને લાંબા લીંટારૂપે એ સંદેશો લખાઈ જાય છે. આવા યંત્રની સંજ્ઞામાં ડાબા જમણીની બાબત નહિ પણ ટપકાં અને લીંટા એવી જ સંજ્ઞા હોય છે.

તારયંત્રમાં સંદેશો લેનારને સતત સોયની તક્તી સામું જોઈ રહેવું પડતું. એનાથી બીજુ કશું કરી શકાય નહિ. લક્ષપૂર્વક જોઇ રહે અને લખી લે. આ અડચણ ટાળવાને જુદી તરહેની સંજ્ઞા વાપરવામાં આવે છે.

ડાબી જમણી હાલતી સોયનાં યંત્ર હવે વપરાતાં નથી. એને બદલે યંત્રમાં એક ક્ષિતિજસમસૂત્ર પોલી ધાતુની નળીનો એક છેડો આકર્ષાય અને છૂટો પડે એવી ગોઠવણ હોય છે. આ નળી થોડી આકર્ષાય તો નીચેની ધાતુની અણી જોડે સહેજ અથડાઈ ટક્ ટક્ એવો અવાજ થાય છે. નળી પોલી હોવાથી ટૂંકો અવાજ પણ ઠીક સંભળાય છે. જો વધારે આકર્ષાય તો અવાજ ટક્ક એમ જોરદાર થાય છે. અને જેમ મોર્સની સંજ્ઞામાં ટપકું અને લીટી હોય છે તેમ આમાં ધીરો ટૂંકો અવાજ અને લાંબો જોરદાર અવાજ એટલો જ ફેર છે. તાર લેનારને યંત્રના સામું જોવું એ પડતું નથી. એ માત્ર સાંભળીને સંદેશો લઇ લે છે. અનુભવી અને ચાલાક કામ કરનારા, એક યંત્રપર સંદેશો મોકલે છે અને બીજા પર આવતો સાંભળી લે છે.

વિજળી અને લોહચુંબકત્વનો લાભ લઇને દૂરથી સંભળાય એવાં યંત્ર બનાવાય છે. દૂરની વાત જેની મદદથી સંભળાય છે એ યંત્રોને ટેલેફોન—દૂરશ્રવણયંત્ર કહે છે. આ યંત્ર એટલાં તો જાણીતાં છે કે એને માટે વિષેશ કહેવાની જરૂર જણાતી નથી. સેંકડો મૈલને છેટે ઉભાં રહેલાં માણસો એક બીજાની જોડે વાત કરી શકે છે.

વિજળીના પ્રદેશમાં છેલ્લાં થોડાં વર્ષોમાં ઘણી ઘણી ચમત્કાર ભરી શોધો થઈ છે. ક્રૂક્સ, લેનાર્ડ વગેરે વિજ્ઞાનિકોએ આ બાબતમાં ઘણો શ્રમ લીધો છે. બન્ને બાજુથી બંધ એવી નિર્વાત કાચની નળીમાં થઇને જ્યારે વિજળીનો જતો પ્રવાહ એટલો બળવાન હોય કે જેથી નળી પ્રકાશમાન બની રહે છે ત્યારે એમાં એક નવી તરેહનાં કિરણો ઉત્પન્ન થાય છે. એને **કેથોડ રેઝ** (કિરણો) એવું નામ આપવામાં આવ્યું છે. આ નિર્વાત નળી બંન્ને છેડે બંધ હોય છે, છતાં લેનાર્ડ નામના વિજ્ઞાનિકને જણાયું કે અમુક સંયોગોમાં કેટલાંક કેથોડ કિરણો નિર્વાત કાચની નળીની બહાર જઇ શકે છે. આમ બહાર જતાં જણાયલાં કિરણોને લેનાર્ડ કિરણો કહે છે. આ બહાર જતાં કિરણોમાં **પરમાણુથી** પણ નાના ભાગ હોય છે. છેલ્લા પ્રયોગોથી પ્રતિપાદિત થયું છે કે **પરમાણુ** માત્ર આવા નાના ભાગોનું બનેલું છે. આ નાના ભાગોને

ઇલેકટ્રોન કહેવામાં આવે છે. આ ઇલેકટ્રોનમાં ઋણ વિજળી ભરેલી હોય છે. બીજા નાના ભાગમાં ધન વિજળી હોય છે. એ ભાગને **ઇઓન** કહેવામાં આવે છે. આ ઇલેકટ્રોન ઘણી જ ગતિ ધરાવે છે. આવાં ઇલેકટ્રોન અને ઇઓનના સમુદાય મળીને અત્યાર સુધી અવિભાજ્ય મનાયલું પરમાણું બન્યું છે !

ઇ. સ. ૧૮૯૫ માં પ્રોફેસર રોટીન્જન કેથોડ કિરણો સંબંધી કાંઇ પ્રયોગ કરતા હતા. તે વખત અનાયાસે તેજ ન પ્રવેશ કરી શકે એવા કાળા કાગળમાં બંધ કરેલી ફોટોગ્રાફીની એક પ્લેટ–જે કાચ ઉપર સૂર્ય કિરણો વડે છબી ચીતરાય છે તે–પાસે પડી હતી. એમને માલમ પડયું કે એ પ્લેટ ઉપર, કાળો કાગળ હતો છતાં કિરણોની અસર થઇને એના ઉપર છબી પડી હતી. એમણે અનુમાન કર્યું કે કોઇ પણ તરેહનાં બીજાં જ કિરણોની આ અસર હોવી જોઇએ, કેમકે લેનાર્ડનાં કિરણો તો માત્ર હવામાં થોડે દૂર જ જઇ શકે છે. આ પ્રમાણે આ અજાણ્યાં કિરણોને એમણે ક્ષ (એક્ષ) કિરણો એવું નામ આપ્યું. અક્ષર ગણિતમાં અજાણી રકમને માટે ક્ષ અક્ષર વપરાય છે એતો તમે જાણો છો.

આ ક્ષ કિરણો ઘણા ઘન પદાર્થોમાં થઇને જઇ શકે છે. એમ જતાં તેઓ પદાર્થમાં ઘણાં જ થોડાં અદૃશ્ય થાય છે. લોહચૂંબકત્વની અસર એમના ઉપર થતી નથી. અજવાળાનાં કિરણની પેઠે એક તરેહના તત્વમાંથી બીજામાં જતાં મરડાતાં નથી. ધાતુઓના પરમાણુના વજન અનુસાર તેઓ, ધાતુઓ પારદર્શક હોય તેમ, તેઓમાંથી દેખાઇ શકાય છે. એલ્યુમિનમ ધાતુ પ્રમાણમાં વધારે પારદર્શક બની રહે છે. સીસું અપારદર્શક રહે છે. ભારે ધાતુઓનાં મિશ્રણ પણ અપારદર્શક રહે છે. સીસાની મેળવણી વાળો કાચ અપારદર્શક રહે છે, પણ સોડાની મેળવણીનો કાચ પારદર્શક બને છે. વળી પ્રાણિયોનાં શરીર પણ પારદર્શક બને છે. હાડકાં અપારદર્શક રહે છે. આમ હોવાથી જો કાગળ ઉપર હાથ ધરી એ કિરણો હાથમાં જવા દીધાં હોય તો અપારદર્શક હાડકાં વગેરેમાં થયેલી વીકૃતિની અને પારદર્શક માંસના લોચાની છબી

પડી રહે છે. બૂટ પહેરીને આ કિરણોના જવાના માર્ગમાં પગ રાખો તો પગનાં હાડકાં, બૂટમાં મારેલી ચૂકો વગેરેની છબી પડી રહે છે.

વ્યવહારમાં આ કિરણોને લીધે બહુ જ લાભ થયો છે. અમુક રોગને લીધે શરીરની અંદરના અવયવોનાં સ્વરૂપ અને ખસૂસ કરીને હાડકાંની છબી લેવાય છે. લઢાઇ વખતે ગોળી વાગેલાં માણસોના શરીરમાંથી ગોળી કાઢવાને શાસ્ત્રવૈદ્યોને કાપરૂપ કરવી પડે છે. અઘરૂં કામ તો ગોળી શરીરના કીઆ ભાગમાં ભરાઈ પેઠી છે તે નક્કી કરવાનું છે. પણ આ કિરણોની મદદથી ગોળી શરીરમાં બરોબર કઇ જગાએ અને કેવી સ્થિતિમાં છે તે જણાય છે. સબબ ખોળવાને માટે જે ચૂંથાચૂંથ કરવી પડતી અને લોહી વધારે જવાથી માણસના જીવને જોખમ આવી પડતું તે અટકી પડ્યું છે. નાનામાં નાનો અને ટૂંકામાં ટૂંકો કાપ મુકીને ગોળી કાઢી લેવાય છે, અને પરિણામે ઘણાના પ્રાણ ઉગરે છે.

વિજળીનો પ્રવાહ આઘો પાછો થતો જાય છે એવું સૂચન કરી ગયા છીએ. એ પ્રમાણે જો વિદ્યુત્વાહક પદાર્થમાં વિજળીનો પ્રવાહ આઘો પાછો થતો જતો હોય તે જો ઘણો જ ગતિવાન હોય તો પદાર્થમાં જ જાય એમ નહિ પણ આજુબાજુના પ્રદેશમાં ઘણે દૂર સુધી જઈ શકે છે. એનો વેગ પણ પ્રકાશની ગતિના વેગ જેટલો હોય છે. વિજળી જેટલી વાર આઘી પાછી થાય તેટલાં એનાં મોજાં ઉત્પન્ન થાય છે. વિજળીના આ ધર્મ સંબંધી શોધ કરવાના ઘણા વિજ્ઞાનિકોએ પ્રયત્ન કર્યા છે. ઇ. સ. ૧૮૯૬ માં કેંબ્રીજમાં સર રૂથરફોર્ડે પ્રયોગ કર્યો ત્યારે વિજળીનાં આવાં મોજાં અડધા મેલ દૂર સુધી ગએલાં જણાયાં હતાં. થોડાં વરસોમાં આ વિષયે ચમત્કારિક શોધો કરવાનું માન સીનોર માર્કોનીને ઘટે છે. આ સીનોર માર્કોની તે ઇટાલીના બોલોનો શહેરના પ્રોફેસર રાઇઘોના શિષ્ય છે.

માર્કોનીના બનાવેલા યંત્ર વડે વગર તારે સેંકડો મૈલ દૂર સુધી વિજળીનાં મોજાં મોકલાય છે. વ્યવહારમાં ઘણા દૂર દેશાવરમાં વગર તારે

ખબરો આપી શકાય છે. વહાણવટીઓને સીનોર માર્કોનીની શોધ ઘણી જ આશીર્વાદરૂપ બની છે. દરીઆમાં ગમે તે જગાએથી જોખમાયલી સ્ટીમર ચોતરફ પોતાની હાલતના સંદેશા મોકલી શકે છે; જે ઉપરથી આજુ-બાજુ મૈલોના મૈલો છેટે જતી સ્ટીમરોને પેલી સ્ટીમરના ભયની જાણ થઇ તેઓ એની મદદે દોડી જાય છે. આથી ઘણા જાનમાલનો બચાવ થાય છે.

પાછલા એક બે વર્ષોમાં રેડિયમ એક્ટિવિટી વડે હજારો મૈલ દૂર થતાં ભાષણો અને ગાયનો માણસો આખી દુનિયામાં ઘેર બેઠે સાંભળી શકે છે !

વિજળીથી શાંશાં કામ કરાય છે તે તમે જાણ્યાં. ઘર્ષણથી વિજળી કેમ ઉત્પન્ન થાય છે તે અને તેને કેવી રીતે ભરી મુકવી એ પણ જાણ્યું. દરેક પદાર્થમાં બે પ્રકારની વિજળી હોય છે અને પદાર્થને વિજળી ભરેલા પદાર્થ પાસે મુકતાં પદાર્થની વિજળીનું પૃથક્કરણ થઇ બે પ્રકારની વિજળી છૂટી પડે છે એ તમે સમજ્યા. વિજળીથી પદાર્થમાં પ્રતિસરણ, તાપ, તેજ વગેરે કેવી રીતે પેદા થાય છે તે તમે જોયું. વિજળીથી રસાયનિક મિશ્રણનું પૃથક્કરણ થાય એ ખબર પડી. વિજળીથી ઢોળ કેવી રીતે ચઢે છે એ પણ સમજાયું. વિજળીથી લોહચુંબકત્વ કેવી રીતે પેદા થાય છે એ જાણ્યું. જાથુ રહે એવું લોહચુંબકત્વ કેમ ઉત્પન્ન કરવું એ પણ શીખ્યા.

પુનરાવર્તન:—આ પુસ્તક ઘણું નાનું અને આ વિજ્ઞાનમાં રસ પડી વધારે જાણવાની જીજ્ઞાસા ઉત્પન્ન કરવાને માટે લખાયલું હોવાથી આ મનોરંજક અને ઉપયોગી શાસ્ત્રનું વધારે લંબાણથી વર્ણન કરી શકાયું નથી. પદાર્થના ધર્મ, રૂપ, તે ગતિમાન હોય ત્યારે તેની શક્તિ અને તેમનાથી થતાં કામ વિશે સમજણ પાડી. ગરમી અને પ્રકાશ સંબંધે પણ થોડું થોડું કહ્યું. લોહચુંબક અને વિજળીથી થતા ચમત્કારિક દેખાવ અને બનાવ સંબંધે પણ સહેજ સહેજ કહ્યું.

આ પુસ્તક તમારે બરાબર વાંચવું અને તેનો વિચાર કરવો. જાતે કરી જોવાના કહ્યા છે તે પ્રયોગ જાતે કરવા, જેથી જણાશે કે પદાર્થ ઘન રૂપમાંથી પ્રવાહી અને પ્રવાહી રૂપમાંથી વાતરૂપમાં આવે છે.

રસાયનિક મિશ્રણોનું પૃથક્કરણ થઈ એના ઘટકાવયવો છૂટા પડી જઇ વળી બીજા જ સંયોગ કરી બીજા રૂપમાં આવે છે પણ તેનો નાશ થતો નથી.

એજ પ્રમાણે પદાર્થમાં રહેલી કર્તૃત્વ શક્તિનો પણ નાશ થતો નથી. પદાર્થની પેઠે કર્તૃત્વ શક્તિનું પણ રૂપાંતર થાય છે. ગતિમાંથી કંપ, લહેરો, ગરમી, તેજ, તેમ જ વિજળી પણ ઉત્પન્ન થાય છે. કર્તૃત્વશક્તિના આ દરેક રૂપવડે પદાર્થની અંદર કાંઇ ને કાંઇ પણ કામ થાય છે. આમ જોતાં પદાર્થ જેમ નાશ ન થતાં જુદે જુદે રૂપે જગતમાં રહે છે તેમ કર્તૃત્વશક્તિ પણ જુદે જુદે રૂપે આ જગતમાં મહાલ્યા કરે છે !

જૂના કાળમાં આપણા આદ્ય ઋષિયોએ પંચીકરણમાં જો કે પાંચ મૂળતત્વ ગણાવ્યાં હતાં, પરંતુ મૂળ તો એક ચૈતન્ય જ માન્યું હતું. આધુનિક શાસ્ત્રોએ ઘણાં નવાં મૂળતત્વો જણાવ્યાં છે. નવા જ્ઞાનવડે આપણને જૂની વાતમાં અજ્ઞાન જ દેખાતું ! પરંતુ છેલ્લી શોધ પ્રમાણે જુદાં જુદાં મૂળતત્વો—મૂળ પદાર્થોનાં પરમાણુઓ એક જ સરખાં છે અને એકમાંથી બીજું બનવું શક્ય છે એમ જણાયું છે. આમ છેલ્લી શોધ પ્રમાણે એક પછી એક તજી દેતાં છેવટે માત્ર ગતી જ રહે છે. ત્યારે આ જગત માત્ર તે મહાન પરમાત્માની રમત સિવાય બીજું શું હોય ? એક સત્ ચૈતન્ય જ બધે ઘુમી રહેલું છે !

વિજ્ઞાનિકો નાસ્તિક હોય છે એવી બદનામી તેમના ઉપર મુકાય છે. પણ વસ્તુસ્થિતિ એવી નથી. મહાન ચૈતન્યની અગાધ અને અતુલિત શક્તિનો તેમને ભાસ થવાથી તેઓ જબરા આસ્તિક છે અને પ્રાણિમાત્ર-ભૂતમાત્રમાં તેઓ ચૈતન્ય જ પૂજે છે. વિજ્ઞાનની વાત કરીને લાગેલો થાક ઉતારવા સ્હેજ બે લીટી સાહિત્યની વાંચીશું ? કવયિત્રી **જનીબાઇ**એ ગાયું છે કેઃ—

“ આપ અખંડ છો. ખંડ ખંડિત થયું. ખંડ અખંડમાં જઇને ભળિયું ! ”

તેમજ **નરસૈમ્હેતા** ગાય છે કેઃ—

‘ ચિત્ત ચૈતન્ય વિલાસ તદ્રૂપ છે બ્રહ્મ લટકાં કરે બ્રહ્મ પાસે. ’

ડાહ્યાભાઈ પી. દેરાસરીનાં પુસ્તકો સંબંધે કેટલાક અભિપ્રાય.

બુલબુલ.

" બીજા બધા રસ મૂકી દઈ શૃંગારનું જ પાન કરનારા ' બુલબુલ ' ની વાણી પણ ગુજરાતી સાહિત્યમાં નવીન કવિતાનો અનુભવ કરાવે છે. બીજાએ એ વિષયપર કેવા વિચાર કર્યા છે અથવા બીજા હવે પછી એ વિષે કેવા કેવા વિચાર કરશે એ ચિન્તા કોરે મૂકી પોતાનો જ અનુભવ ગાવો એ કવિનું કામ જાણી ' બુલબુલે ' એ જ માર્ગ ગ્રહણ કર્યો છે. અને આવી કવિતામાં એ જ ઘટિત છે " કૃત્રિમ અલંકાર અથવા સાહિત્યનાં સાંકેતિક પદ કોરે મૂકી હૃદયને લાગે તે લખવું એ ' બુલબુલનો ' નિશ્ચય જણાય છે. અને એ જ એની ખુબી છે....... આ અનુભવ થતાં આમ જ વૃત્તિ થાય એમ જાણતાં વાંચનારને કેટલો આનંદ થાય છે ! પ્રેમહીન હૃદયને પણ ક્ષણભર પ્રેમ ચમત્કારનો અનુભવ કરાવે એવી આ લીટીઓ છે. " " કવિતા અને સાહિત્ય " રમણભાઇ નીલકંઠ.

"The "Bulbul" (1882) or Nightingale, a monologue, a lyric of love, is a poem, which is unique in the Gujrati language: every line in it transports the reader to all that is best in the love literature of Persia, in it imagination runs riot, and the effusions of a lover, watching and wooing a wayward Beloved, prove so infectious, that young men are in danger of being carried off their feet on reading the gazals. The form of the poem, a felicitous blending of the સાખી and the gazal, invests this fine expression of a lover's lament, with an irresistible charm, reminding one of Dayaram's Garbies (Songs). Mr. Dahyabhai P. Derasari, Bar-at-Law, the author of this short

lyric, has written much else, but his name will live on account of his Bulbul. The passion of a voluptuary might at the first sight seem to have prompted these verses, so full of burning words are they, but behind them lies the true expression of a poet's feelings."

"Further Mile-stones in Gujrati Literature."

K. M. Jhaveri. 1924.

વનસ્પતિશાસ્ત્ર.

"I have carefully gone through your book on Botany. Let me tell you that you have done the thing very creditably. The coinage and selection of technical terms has been for the most part felicitous. Your exposition is generally clear and concise.

I am pleased to see that your definitions are carefully selected. On the whole I must say that your book is eminently suited for the use of beginners."

Principal, **T. K. Gajjar,** M. A., B. SC. &c. &c.

"Your rendering-which I should rather call a simple paraphrase than a translation—is so far as I know always correct, and your diction, as in '*Saral Arth Shastra*' is always simple and clear."

Chester Macnaghten, M. A.

Principal Rajkumar College-Rajkot.

આધીના સાહિત્યનું દિગ્દર્શન.

"I have great pleasure in recording my impressions in brief about your valuable book in Gujrati about the Gujrati literature. If it is a

test about the goodness of a book that a cultured reader likes to read it over again after finishing it over, I trust your book satisfies it. I was myself not satisfied until I read it twice and there are passages which can be read over a number of times without being tired of them. I have given a long list of such passages which can be read in my exhaustive review of your book. My personal opinion is that the book should be prescribed for the Lower and Higher Standards Examinations to be passed by officers. It will give them in a nut shell information about the best Gujrati books. Your book worked as an incentive on me to read some good books in Gujrati. I specially read to see if your criticisms and opinions were justified or not. Mainly I could concur with your opinion. Your criticism is helpful and follows certain fixed principles about literary criticism. Your own work or works can well stand the tests of the principles you have laid down for others. Your book is one of those which will linger in my memory till I remember a single word of Gujrati language. I admire your optimism about the future of the Gujrati literature. You have immortalised the best writers in the Gujrati language. Your book creates a taste for reading good Gujrati literature. I find your book as a model guide to study best books in Gujrati."

T. R. Kotwal,

Judge–Small–Cause Court, Ahmedabad.

કાન્હડદે પ્રબંધ.

जैसा काव्य पृथ्वीराजरासा, खुमानरासा, रानारासा, रायमल्लरासा, हम्मीररासा और विजयपालरासा आदि है, यह भी वैसा एक काव्य है.

" आपने जो परिश्रम इसके संपादन और प्रकाशन करने में किया है वह सराहनीय है. उसकी मैं प्रशंसा किये बगर नहीं रह सकता हुं. आपके परिश्रम से एक हुये हुवे काव्यका जीर्णोद्धार हो गया, और इससे आपका नाम गुजराती और हिंदी साहित्य के संसार में चिरस्थाई रहेगा. मेरे सरस्वती भंडार में उत्तम और पुराने काव्यका एक नंबर बढ गया है.

जोधपुर-देवीप्रसाद.

"...........It (Kahnadale Prabandh) is very nicely done, and I am sure your work will be universally appreciated in Gujrat."

A. B. Dhruva.

"In fact the credit of drawing attention to this very important unit (Kahnadale Prabandh) of the language and literature of the Province belongs to Mr. Derasari who for the last three or four years has been at it in various ways. We welcome the publication with feelings of great obligation, and trust that those who are interested in the history of the Gujrati language would make the fullest possible use of it."

Modern Review, December 1913.

"By the publication of what is practically the *editio princeps* of 'Kahnadade Prabandh', a valuable old historical poem in the Vernacular of Gujrat, Mr. D. P. Derasari of Ahmedabad has certainly rendered a service to students both of

the history and literature of Gujrat.........There was thus ample room for the present edition, which, we are very glad to observe, has been undertaken in the critical spirit introduced by Western scholars........."

The Times of India, 4th March 1914

" આ પુસ્તક સંશોધન કરી પ્રસિદ્ધ કરવામાં રા. રા. ડાહ્યાભાઈએ ગુજરાતી ભાષાની મ્હોટી સેવા બજાવી છે, અને શ્રીમન્ત મહારાજા સયાજીરાવ ગાયકવાડ સરકારે આ ગ્રન્થની પ્રસિદ્ધિને ઉદારતાથી આશ્રય આપી ગુજરાતી સાહિત્ય ખીલવવાની પોતાની ઉચ્ચ નીતિનું એક વિશેષ ઉદાહરણ પ્રકટ કર્યું છે.

ગુજરાતી ભાષામાં લખાયલા જે જૂનામાં જૂના ગ્રન્થ જડ્યા છે તેમાંનો કાન્હડદેપ્રબંધ છે. મુગ્ધાવબોધ ઔક્તિક પછી બાસઠ વર્ષે એટલે સંવત ૧૫૧૨ માં તે રચાયલો છે. તેથી જૂના વખતની ગુજરાતી ભાષાનું સ્વરૂપ દર્શાવનાર હોઈ એ ગ્રન્થ બહુ ઉપયોગી છે. તેમજ વળી ઐતિહાસિક વૃત્તાન્તવાળું જૂનું ગુજરાતી કાવ્યને કાન્હડદેપ્રબંધ જ છે અને એ રીતે તે બહુ મૂલ્યવાન છે.

× × × ×

× × મળેલી પ્રતોને આધારે રા. રા. ડાહ્યાભાઈએ બને તેટલો પ્રયાસ કરી અશુદ્ધિઓ દૂર કરી છે, પાઠાન્તર આપ્યાં છે, ગ્રન્થને અંગે વિદ્વતા ભરેલી ટીકા લખી અર્થનું સ્પષ્ટીકરણ કર્યું છે. અને આરંભમાં પ્રસ્તાવનામાં ગ્રન્થનો સાર વર્ણવ્યો છે. આ રીતે આ ગ્રન્થ ઘણા ઉપયોગી સ્વરૂપમાં વાચકવર્ગ આગળ હવે રજુ થયો છે.

× × × રા. ડાહ્યાભાઈએ ટીકામાં અર્થના સ્પષ્ટીકરણ ઉપરાંત ઐતિહાસિક બાબતોનો અને વ્યુત્પત્તિનો બહુ સારી રીતે ઉલ્લેખ કર્યો છે. અને બધી રીતે ગ્રન્થને ઘણો ઉપયોગી અને મનોમત કર્યો છે. તેમને ધન્યવાદ આપતાં કાન્હડદેપ્રબંધનો તેમણે હાલના ગુજરાતી પદ્યમાં કરેલો અનુવાદ પ્રકટ કરવાની તેમને વિનંતિ કરીશું અને ગુજરાતના શિષ્ટ વાચ-

વર્ગને આ ગ્રન્થનો આદરથી અભ્યાસ કરવાની વિનંતિ કરીશું.
ज्ञानसुधा ડિસેંબર ૧૯૧૩ **मकरन्द.**

" આ (કાહ્નડદેપ્રબંધ) અસાધારણ મહત્વનો કાવ્ય ગ્રંથ છે; ગુજરાતી ભાષાના ઇતિહાસના અભ્યાસકને, ગુજરાતી સાહિત્યના ઈતિહાસના અન્વેષકને અને સામાન્ય રીતે રાજકીય તથા સામાજીક ઇતિહાસના શોધકને તેમજ રસિક વાચકને–સર્વને ભિન્નભિન્ન રીતે આકર્ષણ કરનારો, ઉપયોગી થનારો, માટે મહત્વનો ગ્રંથ છે. × ×

આ ગ્રંથને આવા અન્ધકારમાંથી ખરા પ્રકાશમાં આણવાનો યશ રા. ડાહ્યાભાઇ પીતામ્બરદાસ દેરાસરીને ઘટે છે. આજથી બે વર્ષ ઉપર એઓએ આ કાવ્યગ્રંથ સંશોધન કરીને છપાવ્યો ને પ્રસિદ્ધિમાં આણ્યો છે. આજસુધી પ્રાચીન ગ્રંથોનાં સંશોધનો થતાં અને પ્રસિદ્ધિ થતી તેવી અસંતોષકારક રીતિ રા. ડાહ્યાભાઇના આ પ્રયાસમાં નથી, એ જોઇને આનંદ થાય છે. પ્રાચીન ગ્રંથો શી રીતે પ્રગટ કરાય તે માર્ગ ખરી રીત્યનો તેમણે જ બતાવ્યો છે, એમ કહેવાને બાધ નથી. જુદા જુદા હસ્તલેખ મેળવીને તુલ્યના કરવી, બુદ્ધિયુક્ત નિર્ણય કરી સંદિગ્ધ સ્થળો ઉપર પ્રકાશ પાડવો, ઇત્યાદિ બહુ બહુ વાતો હાવા પ્રયાસમાં લક્ષમાં લેવાની છે. પ્રાચીન ગ્રંથની ભાષામાં ફેરફાર કર્યા વિના મૂળ બિમ્બ યથાવત્ રાખવું. અને તેમ કરવામાં પણ કેવળ અન્ધ નિયમવશતા ના રાખતાં બુદ્ધિનો ઉપયોગ કરવો એ કઠણ કામ છે. આ સર્વમાં રા. ડાહ્યાભાઇની પ્હેલ અને વિજય જોઇ હેમને ધન્યવાદ આપતાં આનંદ થાય છે.

× × × ×

ઉપોદ્ઘાત (પ્રસ્તાવના)માં કાવ્યની કથાનો સવિસ્તર સાર આપ્યો છે તે સામાન્ય વાચકોને બહુ ઉપયોગી થાય એમ છે; કેમકે કાવ્યની ભાષા પ્રાચીન છે તે સમજવાની સર્વને શક્તિ ના જ હોય, અને આ દૃષ્ટિએ જોતાં, રા. ડાહ્યાભાઈ આ કાવ્યનો આધુનિક ગુજરાતીમાં અનુવાદ પ્રગટ કરવાના છે તે જાણીને સંતોષ થાય છે.

હાવા ગ્રંથના પ્રકાશન માટે પ્રાચીન ગ્રંથો જે વિવેચકતાથી પ્રકાશમાં મૂકવા જોઇએ તે વિવેચકતાથી પ્રકાશન માટે–રા. ડાહ્યાભાઇનો ગુજરાતી સાહિત્ય રસિક પ્રજાએ અંતઃકરણથી આભાર માનવો ઘટે છે.

નરસિંહરાવ ભોળાનાથ.

"I have read with very great interest, the edition of Kahnad De Prabandh, edited and published by Mr. D. P. Derasari. He has bestowed considerable labour and time in collating the various MSS and publishing the first edition of a very valuable work, which gives a graphic account of the invasion of Gujrat by Alauddeen Khilji. Apart from the historical point of view the work is extremely valuable to the student of Gujrati and Hindi languages as illustrating the development of those languages at the time it was prepared. The critical notes, the introduction and the glossary appended to the publication exhibit a great deal of research and an intimate knowledge of the history of those languages. I compliment Mr. Derasari on his very interesting and scholarly publication which makes an epoch in the history of the two most important vernaculars of Upper India."

Dr. Sir Sunderlal,
Kt. C. I. E. B. A. LL B. LL D. &c.

કાહ્નડદેપ્રબંધ (અનુવાદ)

"તમારો કાહ્નડદે પ્રબન્ધનો અનુવાદ વાંચી બહુ રાજી થયો છું. સ્વતંત્ર કાવ્ય જેવું પુસ્તક પ્રાસાદિક થયું છે. મૂળના વાંચનારને પણ ઘણું સહાયભૂત થશે એમાં સંશય નથી. તમારો પ્રયત્ન સફળ થયો છે. ગુજરાતી સાહિત્યમાં તમે ઉપયોગી વધારો કર્યો છે."

રા. બા. કમળાશંકર પ્રાણશંકર ત્રિવેદી.

ડાહ્યાભાઈ પીતાંબરદાસ દેરાસરીનાં રચેલાં પુસ્તકો.

૧	એક દેશીની અરજી	સિલકમાં નથી.
૨	હરિ ધર્મશતક	,,
૩	મધુભૃત	,,
૪	બુલબુલ. (ત્રીજી આવૃત્તિ)	,,
૫	વિદ્યાર્થીનો મિત્ર.	,,
૬	અમારાં આંસુ	,,
૭	સરળ અર્થશાસ્ત્ર (ત્રીજી આવૃત્તિ)	૦—૪—૦
૮	સરળ રસાયનશાસ્ત્ર	સિલકમાં નથી.
૯	વનસ્પતિ શાસ્ત્ર	૦—૮—૦
૧૦	સરળ પદાર્થવિજ્ઞાન. (આવૃત્તિ બીજી)	૦—૧૨—૦
૧૧	રણજીતસિંહ	૦—૧૨—૦
૧૨	સાઠીના સાહિત્યનું દિગ્દર્શન	૦—૧૨—૦
૧૩	શહાનશાહ જોર્જ ૫ મા.	૦—૧૨—૦
૧૪	કાન્હડદે પ્રબંધ (આવૃત્તિ બીજી)	૨—૮—૦
૧૫	કાન્હડદે પ્રબંધ (અનુવાદ)	૧—૦—૦
૧૬	પદ્યપાઠ (ધ્રુવ અને દેરાસરી)	૦—૮—૦

૯ સરકારી પુસ્તકો વેચનાર પાસેથી, ૧૧-૧૨-૧૩ ગુજરાત વર્નાક્યુલર સોસાઈટીમાંથી, ૧૬ મેકમિલનની કંપની પાસેથી અને બાકીનાં કર્ત્તા પાસેથી મળશે.

૭-૧૦-૧૧-૧૨-૧૩ લાયબ્રેરી અને ઇનામ માટે મંજૂર. ૯ શિક્ષણ સારૂ મંજૂર. ૧૪ મુંબાઈ અને બનારસ હિંદુ યુનિવર્સિટીઓમાં એમ. એ, અને બી. એ, ના ગુજરાતી અભ્યાસક્રમમાં દાખલ.